



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»

**SAFETY2017**

**16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия**

**Сборник статей**

Электронное текстовое издание

# СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ 16-17 мая 2017 г.

Сборник статей

Редактор  
Компьютерная верстка

*В. Н. Алехин*  
*З. В. Беляева*

Разрешен к публикации 25.08.2017  
Электронный формат – pdf  
Объем 32.4 уч.-изд. л.

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19  
Информационный портал УрФУ <http://www.urfu.ru>

# ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ КРИТИЧНЫХ ИНФРАСТРУКТУР И ТЕРРИТОРИЙ .....</b>	<b>17</b>
Вейпинг – новый вызов безопасности .....	18
<i>Бессонов Д. В., Алексеев С. Г., Барбин Н. М.</i>	
Оценка вероятности отказа строительных конструкций в условиях неопределенности ....	26
<i>Бушинская А. В., Тимашев С. А.</i>	
Расчет резервуаров на прочность и устойчивость как критерий обеспечения региональной безопасности опасных производственных объектов в условиях Крайнего Севера.....	38
<i>Загидуллина В. М., Полуян Л. В.</i>	
Метод марковского анализа как инструмент снижения промышленных рисков на потенциально опасных объектах в условиях Крайнего Севера.....	49
<i>Загидуллина В. М., Полуян Л. В.</i>	
Принципы предотвращения преступлений в защите критической инфраструктуры.....	60
<i>Полянцева Е. Р.</i>	
Устойчивость железобетонных высотных зданий к динамическим воздействиям .....	69
<i>Прищепа О. С., Караваев А. В., Бушинская А.В., Тимашев С.А.</i>	
Применение технологий иммерсивного телеприсутствия для мониторинга и диагностики технического состояния потенциально опасных объектов.....	82
<i>Прус М. Ю., Попов А. Н.</i>	
Оптимизация безопасности эксплуатации критичных инфраструктур с защитой с учетом человеческого фактора .....	91
<i>Тимашев С. А.</i>	
Проблемы безопасности помещений с газовым лучистым отоплением.....	107
<i>Толстова Ю. И., Поммер А. А.</i>	
Результаты интеграции дублирующего способа оповещения в систему противопожарной защиты инфраструктуры железнодорожного транспорта на примере административных зданий ОАО «РЖД».....	115
<i>Шархун С. В., Сирина Н. Ф.</i>	
Безопасное выполнение такелажных работ при помощи портальной системы .....	124
<i>Толстель В. О., Алехин А. Н.</i>	
Систематизация эксплуатационных повреждений жилых и административных зданий .	133
<i>Кисельникова Н. Ю., Ямов В. И.</i>	
Применение первичных средств пожаротушения для расчета пожарного риска .....	139

*Кожевин Д. Ф., Новиков В. Р., Поляков А. С.*

4-Камерная модель миграции загрязняющих веществ по трофической цепи  
поверхностного водного объекта.....148

*Востоков В. Ю., Ореховская А. А.*

Научно-техническое сопровождение строительства зданий и сооружений.....160

*Алехин В. Н., Антипин А. А., Городилов С. Н.*

Проблемы концептуального проектирования регламентаций .....174

*Платонов А. М., Ларионова В. А., Дворянов С. В.*

Методика оценки зон поражения при аварии на аммиакопроводе.....185

*Закоулова А. А., Сюткина Е. В., Гурьев Е. С., Полуян Л. В.*

Математическое моделирование поражающих воздействий при аварийных выбросах  
химически опасных веществ с использованием программного комплекса АЛОНА .....201

*Сюткина Е. В., Гурьев Е.С., Полуян Л. В.*

Экспертная система управления промышленной безопасностью потенциально опасных  
объектов с использованием качественных методов оценки риска.....212

*Шарафисламова Л. Р., Полуян Л. В.*

## **КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**И МАТЕРИАЛЫ ИННОВАЦИОННОГО ТИПА .....221**

Повышение огнестойкости монолитной конструкции, путем нанесения  
пенополиуретанового распыляемого покрытия.....222

*Волошин Д. И., Ямов В. И.*

Реконструкция промышленных и гражданских зданий и сооружений на основе  
технологий лазерного сканирования и информационного моделирования (BIM).....230

*Галиева А. Б., Лешуков В. Д., Алехин В. Н.*

Применения отходов техногенного происхождения при производстве гидроизоляционных  
материалов .....239

*Грехов П. И., Суханов А. М.*

Новые технологические и конструктивные решения для реализации инновационного  
потенциала сборно-монолитных систем гражданских зданий .....245

*Зотеева Е. Э., Фомин Н. И.*

Влияние многократного замораживания-оттаивания на прочность ДСП .....258

*Киселева О. А.*

Методика расчета метантенков при малых дозах загрузки.....265

*Клепалов Е. В., Шишмаков С. Ю.*



Выбор инновационных химических добавок на основе Уральского сырья для снижения высолообразования в бетоне .....	271
---	-----

*Кудла Н. В., Беляков В. А.*

Экономическая эффективность применения пространственных стержневых металлических конструкций .....	278
--	-----

*Лавров Н. А., Беляева З. В.*

Эффективность применения мобильных установок для сжижения природного газа в Российских регионах .....	289
---	-----

*Микула Е. В., Колпакова Н. В.*

Применение дисперсно-армированного бетона при восстановлении строительных конструкций электростанции .....	297
--	-----

*Московский С. В., Носков А. С., Нуждин А. Д.*

Определение параметров организационно-технологической модели скоростного возведения безбалочных монолитных плит перекрытий гражданских зданий .....	303
---	-----

*Никонов С. П., Фомин Н. И.*

Реагентное осветление промывных вод скорых фильтров.....	314
--	-----

*Старухина В. В., Браяловский Г. Б.*

Оптимизация теплового потока в межквартирном коридорном пространстве в многоквартирном жилом доме.....	321
--	-----

*Ворошилова М. А., Тюлькина А. С., Ширяева Н. П.*

Влияние наполнителей из асбестоцементных отходов и керамзитовой крошки на прочность и долговечность гипсобетона .....	330
---	-----

*Ярцев В. П., Репина Е. И., Шеверда В. В.*

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ НА ВСЕХ ЭТАПАХ**

<b>ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ .....</b>	<b>340</b>
--------------------------------------	------------

Определение основных факторов повышения цены за отопление.....	341
--	-----

*Васильев А. В.*

Водопонижение грунтовых вод как необходимая задача начального этапа строительства .....	349
---	-----

*Игидов Т. Ш.*

Реконструкция канализационных очистных сооружений с применением технологии MBVR .....	356
---	-----

*Ильиных А. С.*

Энергосбережение при установке комплексных узлов оборудования котельных и тепловых пунктов на примере RAZ-систем .....	366
--	-----

*Корякина К. Г.*

Проблемы адекватности гидравлических электронных моделей сетей водоснабжения...	374
<i>Некрасов А. В.</i>	
Оценка влияния геометрических характеристик производственных помещений и вихревых устройств на энергоэффективность вентиляции многопролётных зданий при вихревой воздухоподаче.....	384
<i>Петров Е. А., Колпаков А. С.</i>	
Оптимизация балочной системы методом условного градиента.....	391
<i>Пургин А. А.</i>	
Технико-экономические аспекты перспективного развития системы отведения поверхностных сточных вод .....	402
<i>Рябина Е. Г.</i>	
Модальный анализ трубопроводов инженерных систем зданий.....	411
<i>Секачева А. А., Пастухова Л. Г.</i>	
Методы определения расхода электроэнергии в жилых и общественных зданиях для разработки стандартов по энергопотреблению во Вьетнаме.....	422
<i>Чан Нгок Тьян, То Тхи Лой</i>	
<b>ОБРАЗОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ.....</b>	<b>433</b>
Болонский процесс изнутри.....	434
<i>Бурухина О. С., Ткачук К. А.</i>	
Формирование профессиональных компетенций у бакалавров в процессе освоения курса «Архитектурные конструкции» для специальности «Проектирование зданий».....	442
<i>Гинзберг Л. А.</i>	
Применение метода стандартизации рангов для оценки уровня сформированности профессиональной компетентности бакалавров в области строительства .....	452
<i>Миронова Л. И., Жартаев Е. М.</i>	
Образовательная программа проекта MARUEEB как элемент системы инновационного развития региона .....	463
<i>Мищенко Е. С., Монастырев П. В., Евдокимцев О. В.</i>	
<b>УМНЫЙ ГОРОД.....</b>	<b>473</b>
Живучесть городских инфраструктур – ключевой элемент для создания «умных» устойчивых городов.....	474
<i>Тимашев С. А.</i>	
<b>УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....</b>	<b>488</b>
Архитектурная устойчивость стадионов.....	489
<i>Азнобин Е. Б., Ананьин М. Ю.</i>	

Покрытия крытых спортивных арен.....	505
<i>Бугаев А. Ф., Чистяков Р. В., Ведищева Ю. С., Ананьин М. Ю.</i>	
Методика реабилитации промышленных территорий городов .....	513
<i>Быстрова Т. Ю., Ларионова В. А.</i>	
Проблемы проектирования и обслуживания фасадных систем высотных зданий .....	524
<i>Гальянова И. А., Уткина М. В., Ведищева Ю. С., Ананьин М. Ю.</i>	
Реализация мероприятий по инженерной подготовке территории как основа для создания комфортной среды для жизнедеятельности человека .....	533
<i>Тиганова И. А., Крючков А. С., Ившин Р. А., Трефилов Д. А., Десятова Е. П.</i>	
К вопросу о реконструкции музея изобразительных искусств в Екатеринбурге.....	541
<i>Панькова К. К., Каганович Н. Н., Гинзберг Л. А.</i>	
Применение деревянных конструкций в высотном строительстве .....	553
<i>Разводов Р. И., Беяева З. В.</i>	
Устойчивое развитие урбанизированных территорий.....	566
<i>Рысалиев А. С.</i>	
Светопрозрачные фасады.....	574
<i>Филимонова Н. А., Каганович Н. Н.</i>	
Промышленные территории и объекты в устойчивом архитектурно-градостроительном проектировании .....	580
<i>Харитонов Д. В.</i>	
<b>ФОРМИРОВАНИЕ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА.....</b>	<b>588</b>
Исследование теплотехнических характеристик каркасно-тентовых сооружений .....	589
<i>Алексеева А. Ю., Таначева Ю. В., Морозов А. Ю., Ушаков М. Г.</i>	
Маленькими шагами к здоровью нации (на примере детских игровых пространств г. Екатеринбурга) .....	597
<i>Белоусова И. А., Каппар К. С., Игнатьева В. О., Ибрагимов И. А.</i>	
Детская игровая площадка как фактор, влияющий на благоприятное развитие ребенка .	606
<i>Бернер П. П., Дядюра А. О., Игнатьева В. О., Ибрагимов И. А.</i>	
Ревитализация брошенных архитектурных объектов: организация досуга молодёжи .....	621
<i>Гудимова А. Д., Казакова А. О., Игнатьева В. О., Ибрагимов И. А.</i>	
Проект энергоэффективного жилого квартала «мичуринский» в верх-исетском районе г. Екатеринбурга .....	632
<i>Загидуллина В. М., Хиленко Д. В.</i>	
Малые архитектурные формы Астаны .....	642

*Исходжанова Г. Р., Мукашева М. М.*

Популяризация историко-архитектурного наследия Екатеринбурга средствами современного городского дизайна.....653

*Казакова А. О., Васильева Т. С., Фасхутдинова А. И., Игнатьева В. О.,  
Ибрагимов И. А.*

Реальная виртуальность детских игровых пространств .....663

*Леонтьева Е. И., Игнатьева В. О., Ибрагимов И. А.*

Концепция исторического дуализма «земля и море» в архитектурном предложении детского игрового пространства .....670

*Патрушев Д. П., Золотов Е. К., Игнатьева В. О.*

Организация детской площадки на основе сюжетной игры .....679

*Рычкова Г. С., Игнатьева В. О., Ибрагимов И. А.*

Вариант концептуального градостроительного развития территорий в границах:  
ул. 2-я Новосибирская-ЕКАД-ЛЭП-охранная зона газопровода Бухара-Урал.....687

*Казьмина А. А., Никитина Н. П.*

Железнодорожный вокзал – многофункциональный городской центр .....696

*Хаирзаманова А. Р., Мальцева И. Н.*

Пешеходность комфортной городской среды .....704

*Хриченков А. В.*

Обеспечение микроклимата в купольных домах.....711

*Ялаева А. А., Ширяева Н. П.*

**ЭКСПЕРТИЗА И УПРАВЛЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ .....718**

Сокращение периода окупаемости инвестиционно-строительных проектов.....719

*Гусев Р. А., Усков А. Ю.*

Пути реконструкции жилой застройки и влияющие факторы .....730

*Зайнакаева Н. Э., Ямов В. И.*

Совершенствование системы управления жилой недвижимостью в России для повышения качества жилищных условий на основе опыта Европейских стран.....737

*Каржавкина Д. Д.*

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И «ЗЕЛЕНОЕ» СТРОИТЕЛЬСТВО.....744**

Проект реновации жилых домов и придомовой территории в Мадриде с применением современных энергоэффективных технологий .....745

*Ткачук К. А., Бурухина О. С., Мальцева И. Н.*

Гелиоэнергетика Свердловской области: теория и практика.....	758
<i>Зорин М. О.</i>	
Сравнительный анализ систем экосертификации .....	767
<i>Мальцева И. Н., Рыбакова А. О., Мальцева К. В.</i>	
Применение энергоэффективной технологии транспортировки естественного света и системы рекуперации в проекте корпуса птицефабрики «Свердловская».....	779
<i>Плешков С. Ю., Бракале Дж., Бирюкова С. А., Климантова Ю. О.</i>	
Повышение энергоэффективности воздухообмена в производственных зданиях применением вихревой вентиляции .....	790
<i>Рахаткызы А., Колпаков А. С.</i>	
Системы сертификации и школьные здания.....	796
<i>Рединкина А. И.</i>	
Системы кондиционирования с двухступенчатым испарительным охлаждением как энергоэффективные технологии .....	805
<i>Тешебаев А. В., Комаров Е. А.</i>	

# CONTENT

<b>SAFETY OF CIVIL ENGINEERING CRITICAL INFRASTRUCTURES AND TERRITORIES .....</b>	<b>17</b>
Vaping – the new challenge of safety .....	19
<i>Bessonov D. V., Alexeev S. G., Barbin N. M.</i>	
Assessment of probability of failure of building structures in uncertainty conditions .....	27
<i>Bushinskaya A. V., Timashev S. A.</i>	
Calculation of tanks strength and stability as a regional safety criterion of dangerous industrial objects exploited in conditions of the Extreme North .....	39
<i>Zagidullina V. M., Poluyan L. V.</i>	
The markov analysis technique as a method of industrial risk reduction on potentially dangerous objects of Russian Far North .....	50
<i>Zagidullina V. M., Poluyan L. V.</i>	
Crime prevention principles and critical infrastructure protection .....	61
<i>Polyantseva E. R.</i>	
Resilience of high-rise RC buildings to dynamic impacts .....	71
<i>Prishchepa O. S., Karavaev A. V., Bushinskaya A. V., Timashev S. A.</i>	
Application of technology of immersive telecommunications for monitoring and diagnostics of technical condition of potentially hazardous objects .....	84
<i>Prus M. Y., Popov A. N.</i>	
Operational safety optimization of protected critical infrastructures with accounting for the human factor .....	92
<i>Timashev S. A.</i>	
The problems of security at buildings with gas radiating heating .....	108
<i>Tolstova U. I., Pommer A. A.</i>	
Results of integration of the duplicating way of the notification into the fire protection system of infrastructure of railway transport on the example of office buildings of JSC "Russian Railways" .....	117
<i>Sharkhun S. V., Sirina N. F.</i>	
Safe implementation of rigging with help of portal system .....	125
<i>Tolstel V. O., Alekhin A. A.</i>	
Operational damages systematization of residential and administrative buildings .....	134
<i>Kiselnikova N. Y., Yamov V. I.</i>	
Application of primary extinguishing media for fire risk calculation .....	140

<i>Kozhevnikov D. F., Novikov V. R., Polyakov A. S.</i>	
4-chambered model of contaminants migration along the trophic chain of surface water body	149
<i>Vostokov V. Yu., Orekhovskaya A. A.</i>	
Scientific and technical support of construction of buildings and structures .....	161
<i>Alekhin V. N., Antipin A. A., Gorodilov S. N.</i>	
Problems of the conceptual designing of regulations .....	175
<i>Platonov A. M., Larionova V. A., Dvoryanov S. V.</i>	
Methodology of impact areas assessment in the case of emergency at ammonia pipelines.....	186
<i>Zakoulova A. A., Syutkina E. V., Poluyan L. V., Guryev E. S.</i>	
Mathematical modeling of destructive effects at emergency emissions of chemically hazardous substances using ALOHA software system .....	203
<i>Syutkina E. V., Poluyan L. V., Guryev E. S.</i>	
Expert control system of industrial safety of potentially hazardous objects using qualitative methods of risk assessment .....	213
<i>Sharafislamova L. R., Poluyan L. V.</i>	
<b>COMPETITIVE INNOVATIVE CONSTRUCTION</b>	
<b>TECHNOLOGIES AND MATERIALS .....</b>	<b>221</b>
Increase of fire resistance of the monolithic construction, by of polyurethane coating sprays..	223
<i>Voloshin D. I., Yamov V. I.</i>	
Reconstruction of civil and industrial buildings and structures on the basis of laser scanning technology and information modeling approach (BIM) .....	232
<i>Galieva A. B., Leshukov V. D., Alekhin V. N.</i>	
Application of technogenic waste by manufacture of waterproofing materials .....	240
<i>Grehov P. I., Suhanov A. M.</i>	
New design and technological concepts for realization of innovative potential of precast and cast-in-situ civic buildings systems.....	246
<i>Zoteeva E. E., Fomin N. I.</i>	
Influence of freeze-thaw on wood-shaving boards strength.....	259
<i>Kiseleva O. A.</i>	
The procedure for calculating anaerobic digester at low loading doses .....	266
<i>Klepalov E. V., Shishmakov S. Yu.</i>	
Selection of innovative chemical additives on the basis of Ural raw materials to reduce efflorescence in concrete .....	272
<i>Kudla N. V., Belyakov V. A.</i>	

The economic efficiency of the spatial rod metal structures .....	279
<i>Lavrov N. A., Belyaeva Z. V.</i>	
Effectiveness of application of mobile plants for liquefaction of natural gas in the regions of Russia .....	290
<i>Mikula E. V., Kolpakova N. V.</i>	
The use of dispersion-reinforced concrete in the reconstruction of the power plant building structures .....	298
<i>Moskovsky S. V., Noskov A. S., Nugdin A. D.</i>	
Determination of the parameters of organizational-technological models of construction of high-speed monolithic beamless slabs civil buildings.....	304
<i>Nikonov S. P., Fomin N. I.</i>	
Reagent clarification of washing waters of fast filters .....	315
<i>Starukhina V. V., Brayalovskiy G. B.</i>	
Heat flow optimization in the inter-apartment corridor space in the multi-apartment building .	322
<i>Voroshilova M. A., Tyulkina A. S., Shiryayeva N. P.</i>	
Effect of fillers of asbestos waste and clay crumbs on the strength and durability of gypsum concrete .....	331
<i>Yartsev V. P., Repina E. I., V.V. Cheverda</i>	
<b>OPTIMIZATION OF RESOURCES AT ALL STAGES OF</b>	
<b>THE BUILDING LIFE CYCLE.....</b>	<b>340</b>
Determination of the main factors for increasing the price of heating .....	342
<i>Vasilev A. V.</i>	
Dewatering of groundwater as the essential objective of the initial phase of construction.....	350
<i>Igidov T. S.</i>	
Reconstruction of the wastewater treatment plants with the application of mbbf technology ...	357
<i>Ilinykh A. S.</i>	
Energy saving in the installation of complex units of boiler equipment and heat station using the example of RAZ-systems .....	367
<i>Koryakina K. G.</i>	
The problems of the electronic hydraulic models adequacy of the water distribution networks .....	375
<i>Nekrasov A. V.</i>	
Evaluation of the influence of geometric characteristics of industrial spaces and vortex devices on the energy efficiency of ventilation of multi-floor buildings in the vortex air discharge .....	386
<i>Petrov E. A., Kolpakov A. S.</i>	



Optimization of the beam system by the conditional gradient method .....	392
<i>Purgin A. A.</i>	
Technical and economic aspects of perspective development in the storm water draining systems .....	403
<i>Ryabinina E. G.</i>	
Modal analysis of pipelines of engineering systems of buldings .....	412
<i>Sekacheva A. A., Pastukhova L. G.</i>	
Methods for determination of energy consumption in residential and public buildings for the development of standards for energy consumption in Vietnam.....	423
<i>Chan Ngoc Tian, To Tkhi Loi</i>	
<b>EDUCATION IN ARCHITECTURE AND CIVIL ENGINEERING .....</b>	<b>433</b>
The Bologna process from the inside .....	435
<i>Burukhina O., Tkachuk K.</i>	
Formation of professional competencies in bachelors in the process of mastering «Architectural constructions» course for «Building Design» specialty .....	443
<i>Ginzberg L. A.</i>	
Application of the grades standardization method for assessing the professional competence formation level of bachelors in the field of civil engineering .....	454
<i>Mironova L. I., Ghartaev E. M.</i>	
MARUEEB project master study programme as the primary element of the innovative development of the Tambov region .....	464
<i>Mishchenko E. S., Monastyrev P. V., Evdokimtsev O. V.</i>	
<b>SMART SITY .....</b>	<b>473</b>
Urban infrastructures resilience – key element for creating smart sustainable cities .....	475
<i>Timashev S. A.</i>	
<b>SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBAN AREAS .....</b>	<b>488</b>
Architectural stability of stadiums .....	490
<i>Aznobin E. B., Ananin M. Y.</i>	
The covering of closed sports arens.....	506
<i>Bugaev A. F., Chistiakov R. V., Vedishcheva I. S., Ananin M. Y.</i>	
Methodology for rehabilitation of urban industrial areas .....	514
<i>Bystrova T. J., Larionova V. A.</i>	
The issues of designing and facade systems maintenance of high-rise buildings .....	526
<i>Galyanova I. A., Utkina M. V., Vedishcheva I. S., Ananin M. Y.</i>	

Landscape engineering as a base of comfortable environment for people .....	535
<i>Tiganova I. A., Kruchkov A. S., Ivshin R. A., Trefilov D. A., Deciatova E. P.</i>	
To the issue of reconstruction of the Yekaterinburg museum of fine arts.....	542
<i>Pankova K. K., Kaganovich N. N., Ginzberg L. A.</i>	
The use of wooden structures in high-rise building construction.....	554
<i>Razvodov R. I., Belyaeva Z. V.</i>	
Sustainable development of urbanized territories.....	567
<i>Rysaliev A. S.</i>	
Translucent facades.....	575
<i>Filimonova N. A., Kaganovich N. N.</i>	
Industrial sites in sustainable architectural design and urban planning.....	581
<i>Kharitonov D. V.</i>	
<b>CREATING COMFORTABLE ENVIRONMENT FOR HUMAN LIFE .....</b>	<b>588</b>
Research of heat characteristics of frame-tent structures .....	591
<i>Alekseeva A. Yu., Tanacheva Yu. V., Morozov A. Yu., Ushakov M. G.</i>	
Little by little to a healthy nation (example of a children's playground) .....	598
<i>Belousova I. A., Kashpar K. S., Ignatyeva V. O., Ibragimov I. A.</i>	
Children's playground as a factor affecting the positive development of the child.....	607
<i>Berner P. P., Dyadiura A. O., Ignatyeva V. O., Ibragimov I. A.</i>	
Revitalization of abandoned architectural sites: the organization of youth free time .....	622
<i>Gudimova A. O., Kazakova A. O., Ignatyeva V. O., Ibragimov I. A.</i>	
Project of the energy-efficient residential quarter "michurinsky" in the verkh-isetski district of Ekaterinburg City .....	633
<i>Zagidullina V. M., Khilenko D. V.</i>	
Small architectural forms of Astana .....	643
<i>Ishodzhanova G. R., Mukasheva M. M.</i>	
Popularization of historical and architectural heritage of Ekaterinburg by means of modern urban design .....	654
<i>Kazakova A. O., Vasilyeva T. S., Faskhutdinova A. I., Ignatyeva V. O., Ibragimov I. A.</i>	
Real virtuality of city game spaces .....	664
<i>Leontyeva E. I., Ignatyeva V. O., Ibragimov I. A.</i>	
The concept of historical dualism «the Earth and the Sea» in the architectural project of children's playground .....	671

<i>Patrushev D. P., Zolotov E. K., Ignatyeva V. O.</i>	
Organization of the playground on the basis of dense game .....	680
<i>Rychkova G. S., Ignatyeva V. O., Ibragimov I. A.</i>	
The option of conceptual of the town-planning development of the territory within the boundaries of the st. 2nd Novosibirskaya–EKAD–Power line–protective zone of gas pipeline Bukhara-Ural .....	688
<i>Kazmina A. A., Nikitina N. P.</i>	
Railway station – multifunctional city center .....	697
<i>Khairzamanova A. R., Maltceva I. N.</i>	
Comfortable city environment pedestrianism.....	705
<i>Khrichenkov A. V.</i>	
Providing the microclimate in dome houses.....	712
<i>Yalaeva A. A., Shiryayeva N. P.</i>	
<b>EXPERTISE AND MANAGEMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY .....</b>	<b>718</b>
Reduction of the payback period of investment construction projects .....	720
<i>Gusev R. A., Uskov A. Y.</i>	
The way of reconstruction of residential buildings and the influencing factors.....	731
<i>Zaynakayeva N. E., Yamov V. I.</i>	
Improving the system of management of housing in Russia for improving of housing conditions on the basis of the experience of European countries .....	738
<i>Karzhavkina D. D.</i>	
<b>ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES AND "GREEN" CONSTRUCTION .....</b>	<b>744</b>
Renovation of residential houses and the adjacent territory in Madrid with the applying of modern energy efficient technologies .....	747
<i>Tkachuk K. A, Burukhina. O. S., Maltceva I. N.</i>	
Solar systems in the Sverdlovsk region: theory and practice .....	759
<i>Zorin M. O.</i>	
Comparative analysis of ecosertification systems .....	768
<i>Maltceva I. N., Rybakova A. O., Maltceva K. V.</i>	
The use of energy efficient transportation technologies of natural light and recovery systems in the project case poultry farm "Sverdlovsk" .....	781
<i>Pleshkov S. Yu., Brakale G., Biryukova S. A., Klimantova Ju. O.</i>	
Increase of energy efficiency of air exchange in industrial buildings by the use of vortex ventilation.....	791

*Rahatkyzy A., Kolpakov A. S.*

Certification for school buildings .....797

*Redinkina A. I.*

Air conditioning system with two-stepped evaporative cooling as energy efficient technologies

.....807

*Teshebaev A. V., Komarov E. A.*

**БЕЗОПАСНОСТЬ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КРИТИЧНЫХ ИНФРАСТРУКТУР  
И ТЕРРИТОРИЙ**

**SAFETY OF CIVIL ENGINEERING  
CRITICAL INFRASTRUCTURES AND  
TERRITORIES**

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ВЕЙПИНГ – НОВЫЙ ВЫЗОВ БЕЗОПАСНОСТИ**

*Бессонов Д. В.*

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС  
России, Екатеринбург, Россия, 730bdv@gmail.com

Судебно-экспертное учреждение Федеральной противопожарной  
службы «Испытательная пожарная лаборатория» по Свердловской  
области, Екатеринбург, Россия

*Алексеев С. Г.*

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС  
России, Екатеринбург, Россия, 3608113@mail.ru

Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Барбин Н. М.*

Уральский Государственный аграрный университет, Екатеринбург,  
Россия, NMBarbin@mail.ru

**Аннотация.** В настоящее время употребление электронных сигарет или вейпинг становится популярным среди различных слоев населения. Он позиционируется как безопасная и менее вредная, и даже совсем безвредная альтернатива традиционному курению табачных изделий. Борьба с курением создает благоприятные условия для более широкого употребления е-сигарет. При этом нормативно-правовая базы для регулирования вейпинга фактически отсутствует, что создает угрозу для здоровья и жизни людей, а также для материальных ценностей. Современные медико-биологические исследования опровергают миф о безвредности е-сигарет, а примеры инцидентов при вейпинге разрушают стереотип о пожаровзрывобезопасности электронных сигарет. В связи с этим возникает необходимость в разработке нормативно-технических требований к конструкции электронных сигарет и правилам их безопасного употребления. До создания этих нормативных требований целесообразно приравнять их к табачным изделиям.

**Ключевые слова:** вэйпинг, электронная сигарета, е-сигарета, вейпер, опасность, пожар, взрыв.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **VAPING – THE NEW CHALLENGE OF SAFETY**

*Bessonov D. V.*

Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia, Ekaterinburg, Russia,  
730bdv@gmail.com

Forensic and Expert Establishment of the Federal Fire Service "Testing fire  
laboratory" on Sverdlovsk Region, Ekaterinburg, Russia

*Alexeev S. G.*

Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia, Ekaterinburg, Russia,  
3608113@mail.ru

Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Barbin N. M.*

Ural State Agrarian University, Ekaterinburg, Russia, NMBarbin@mail.ru

**Abstract.** Now the use of electronic cigarettes or vaping becomes popular among various segments of the population. It is positioned as safe and less harmful, and even absolutely harmless alternative to traditional smoking of tobacco products. Fight against smoking creates favorable conditions for broader use of e-cigarettes. At the same time normative and legal there is no base for regulation of vaping actually that creates threat for health and life of people, and also for material values. Modern medical and biological researches disprove the myth about harmlessness of e-cigarettes, and examples of incidents at vaping break down stereotype about fire and explosion safety of electronic cigarettes. In this regard there is need for development of normative and technical requirements to design of electronic cigarettes and to rules of their safe use. Before creation of these normative requirements it is reasonable to equate them to tobacco products.

**Key words:** vaping, electronic cigarette, e-cigarette, vaper, hazard, fire, explosion.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## Введение

Еще совсем недавно никто не знал о таких понятиях, как электронная сигарета, вейпинг, вейпер. Однако сегодня это явление прочно вошло в нашу жизнь, сейчас уже никто не удивляется, увидев человека выпускающего большие клубы густого белого дыма. Быстрое и широкое распространение этого движения среди «активной» группы населения обуславливается задействованием социальных сетей: «В-Контакте», «Одноклассники», «Facebook», «Instagram» и др., а также методов и рекламных ходов, которые раньше активно применялись для продвижения сигарет Lucky Strike и других марок. [1]. Это использование известных и знаменитых личностей в рекламных целях, проведение специализированных выставок-конференций, фестивалей и т.п., например «Varexpro», «Невский вейп», «Облака» и др в различных городах мира Москве, Санкт-Петербурге, Ростове, Амстердаме, Варшаве, Праге, Мехико и других, где активно пропагандируют вейпинг [2].

Принято считать, что вейпинг, как явление стал, распространяться благодаря изобретению китайского фармацевта Лика Хона (Lik Hon), который в 2003 году подал заявку на изобретение, которое позволяло избавиться от никотиновой зависимости [3]. Однако его нельзя считать пионером в этой области. Первая конструкция устройства для вейпинга была описана еще в 1927 году [4]. Появлению интереса к этому устройству, а так же изобретение Лика Хона и начало серийного производства электронных сигарет в 2004 году, произошло благодаря принятию на 56-й сессии Всемирной ассамблеи здравоохранения под эгидой Всемирной организации здравоохранения «Рамочной конвенции Всемирной организации здравоохранения по борьбе против табака» в 2003 году.

В настоящее время вейпинг позиционируется как безопасная и менее вредная, и даже совсем безвредная альтернатива традиционному курению табачных изделий. Сложившуюся ситуацию можно сравнить с начальной стадией керосиновой эры, которая началась во второй половине 19-го столетия. Тогда керосиновое освещение заменило свечное. Однако побочным эффектом этого явился рост пожаров и взрывов за счет применения небезопасного керосина и несовершенства керосиновых приборов, а также появление новых показателей пожаровзрывоопасности (температур вспышки и воспламенения) и их методов определения.

## Безопасность вейпинга

Фактически вейпинг – это одно из направлений табакокурения, поэтому он представляет в той или иной мере те же опасности для здоровья, которые заключены и в табачных изделиях. Это явление в силу своего быстрого распространения привлекает внимание ученых из разных стран. Основная масса исследований связана с изучением различных рисков и опасностей использования рабочих жидкостей для вейпинга, как



основного компонента электронной сигареты [5]. Безусловно, что физико-химические свойства рабочих жидкостей для вейпинга и их влияние на организм человека в первую очередь определяется их химическим составом. В настоящее время установлены основные компоненты, которые присутствуют в аэрозольном облаке, образующимся при вейпинге. Кроме основных компонентов рабочей жидкости вейпинга (пропиленгликоль, глицерин, никотин, различных ароматизаторов (диацетила, лимонела, бензальдегида) в дыму е-сигарет содержатся также продукты их термического разложения и синтеза (акролеин, формальдегид, бензол, ацетальдегид, метандиол и др.). Негативное воздействие на организм этих веществ достаточно подробно описано в литературе [6].

Почти все производители и продавцы электронных сигарет утверждают о пожарной безопасности своих устройств – ведь «...они безопасны, в них отсутствует пламя как токовое...» [7], «...в электронной сигарете не используется огонь, т.е. отсутствует риск возникновения пожара...» [2]. Однако, если посмотреть на вышеприведенный состав рабочей жидкости, а также компонентов аэрозольного облака, то можно сделать вывод, что они относятся к классу горючих веществ, способных в определенных условиях образовывать взрывоопасные смеси с воздухом. Ниже в таблице приведены, описанные в специальной литературе и общедоступных источниках случаи пожаров и взрывов, связанные с употреблением е-сигарет. Данная таблица не претендует на исчерпывающее описание всех инцидентов, которые произошли при вейпинге, но она красноречиво описывает возможные негативные последствия для вейпера и окружающей его обстановки.

Т а б л и ц а

**Примеры пожаров и взрывов при вейпинге [8–11].**

Дата	Город (область), страна,	МП	Последствия
13.10.12	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Возгорание/пожар
13.11.12	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Возгорание/пожар
26.04.13	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Возгорание/пожар
21.05.13	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Возгорание/пожар
28.06.13	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Возгорание/пожар
17.07.13	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Возгорание/пожар
25.08.13	Мерсисайд, Великобритания	бол ьни ца	Возгорание/пожар
20.12.13	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Возгорание/пожар
24.03.14	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Пожар

Продолжение таблицы

Дата	Город (область), страна,	МП	Последствия
10.06.14	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Пожар
08.08.14	Мерсисайд, Великобритания	ж/д	Пожар. 1 человек погиб.
14.10.14	Уиган, Великобритания	ж/д	Возгорание. 1 чел. получил ожоги ноги
09.02.15	Куинси, США	ж/д	Возгорание. 1 чел. получил ожоги лица и головы
10.02.15	Куинси, США	ж/д	Возгорание. 1 чел. получил ожоги руки
09.03.15	Куинси, США	ж/д	Возгорание. 1 чел. получил ожоги лица и головы
08.09.15	Куинси, США	?	Возгорание и взрыв. 1 чел. получил ожоги лица и головы, повреждение зубов и перелом шеи
26.10.15	Куинси, США	?	Возгорание. 1 чел. получил тяжелые ожоги и повреждения легких
10.11.15	Куинси, США	?	Возгорание и взрыв. 1 чел. получил тяжелые ожоги и повреждения легких и полости рта
19.11.15	г. Куинси, США	?	Пожар. 1 чел. получил ожоги ноги
19.11.15	Куинси, США	?	Мужчина сильные ожоги во рту, ампутация языка и пальца
19.11.15	Куинси, США	?	Возгорание и взрыв. 1 чел. получил ожоги шеи, головы, перелом шеи и сотрясение мозга
22.11.15	Куинси, США	?	Взрыв. 1 чел. получил тяжелые разрушения позвонков, множественные переломы, сломана шея, выбиты зубы
08.12.15	Куинси, США	?	Возгорание. 1 чел. получил ожоги ноги
08.12.15	Куинси, США	?	Возгорание. 1 чел. получил ожоги и порезы лица
27.01.16	Альберте, Канада	ж/д	Возгорание. 1 чел. получил ожоги лица и головы
28.01.16	Кельн, Германия	магазин	Возгорание и взрыв. 1 чел. получил ожоги и потерял несколько зубов
20.02.16	Кентуки, США	?	Возгорание. 1 чел. получил ожоги второй степени
04.16	Бруклина, США	т/ц	Возгорание. 1 чел. получил ожоги обеих рук и сетчатки глаз
15.04.16	Калифорния, США	ж/д	Возгорание и взрыв. 1 чел. получил ожоги и потерял левый глаз
19.09.16	Новосибирск, Россия	ж/д	Возгорание и взрыв. 1 чел. оторвало три пальца
23.10.16	Орландо, США	ж/в	Возгорание. 1 чел. получил ожоги различной степени тяжести
31.12.16	Линдхурст, США	ж/д	Возгорание/пожар
13.01.17	Линдхурст, США	ж/д	Возгорание/пожар
09.01.17	Калифорния, США	а/з	Возгорание. 1 чел получил ожоги лица
23.01.17	Липец, Россия	ж/д	Возгорание/пожар
25.01.17	Айдахо-Фолс, США	?	Возгорание. 1 чел получил ожоги третьей степени

Примечания:

МП – место происшествия;

ж/д – жилой дом;

ж/в – железнодорожный вагон;

а/з – административное здание;

? – место происшествия не указано в первоисточнике.

**Нормативно-правовые проблемы**

В нашей стране ведется планомерная работа за здоровый образ жизни и в частности против курения. В этом направлении следует выделить следующие сделанные шаги.

1. В мае 2016 года вступили в силу новые требования к табачной продукции, изложенные в ТР ТС 035/2014 «Технический регламент на табачную продукцию».

2. Внесены изменения в статью 19 Федерального закона от 23.02.2013 года № 15-ФЗ «Об охране здоровья граждан от воздействия окружающего табачного дыма и последствий потребления табака» по регламентации правил продажи табачных изделий.

3. Министерством здравоохранения России предложен проект концепции борьбы с курением на 2016–2020 гг., в которой предлагается использование универсальной обезличенной упаковки для сигаретных пачек.

4. Повышение акциза на табачные изделия, предусмотренного Федеральным законом от 30 ноября 2016 № 401-ФЗ.

Данная нормативная и законотворческая деятельность говорит о том, что руководство страны планомерно ищет пути и возможности для ограничения продаж и потребления сигарет. Однако следует отметить, что ослабление позиций производителей и продавцов табачной продукции создает благоприятные условия с одной стороны для нелегальной продажи табачной продукции, а с другой стороны для продвижения на рынке электронных сигарет.

В нашей стране электронные сигареты, не входят в перечень продукции подлежащей обязательной сертификации [12-13]. По товарной номенклатуре внешнеэкономической деятельности, они относятся к Разделу XVI «Машины, оборудование и механизмы; электротехническое оборудование; их части; звукозаписывающая и звуковоспроизводящая аппаратура, аппаратура для записи и воспроизведения телевизионного изображения и звука, их части и принадлежности», «Машины и механические приспособления прочие» код ТН ВЭД – 8479899709 [14], поэтому они попадают по действие «ГОСТ Р 52161.1-2004. Безопасность бытовых и аналогичных электрических приборов», который содержит нормы, правила и методы испытаний, являющиеся общими для всех бытовых электроприборов. Однако в настоящее время он не применяется для электронных сигарет, что увеличивает риск возникновения различных опасностей при вейпинге.

Используемая в электронных испарителях жидкость в соответствии с Общероссийским классификатором продукции, относится к товарам бытовой химии (код ОКП 23 8990 «Препараты различного назначения, прочие»). Эта продукция так же не подлежит обязательной сертификации [14, 15]. Отсутствие регулирования в этой области, позволяет использовать, в качестве парообразующей жидкости в электронных сигаретах

любое вещество, попадающее под данную классификацию. По сути, никто не может гарантировать безопасность используемых вейперами составов. Понимая это, многие из них экспериментируют с жидкостями, покупая их в аптеках и других местах, смешивая их в различных пропорциях.

В настоящее время требования пожарной безопасности в нормативно-правовых актах Российской Федерации для электронных сигарет и испарителей отсутствуют. При этом Минздрав России в своем письме от 29.04.2013 №24-4-7000984 в ответ на запрос Федерального собрания Государственной Думы РФ от 17.04.2013 №3.4-24/344, отказался рассматривать электронные сигареты в качестве табачных изделий, тем самым фактически разрешив их использование в общественных зданиях, на воздушном и ж/д транспорте. Так же благодаря этому, в настоящий момент «в сети» электронную сигарету может купить даже несовершеннолетние лица.

### Заключение

Вейпинг – это одно из направлений табакокурения, для которого в той или иной мере проявляется негативное влияние, характерное для табачной продукции. Появление все большего числа пожаров и травмирования людей в результате взрывов электронных сигарет явственно указывает на необходимость разработки нормативно-технических требований к их конструкции, а так же правилам их употребления в общественных местах, на производстве, в жилых помещениях и на транспорте для безопасного или условно-безопасного использования электронных сигарет. На первом этапе (до вступления в силу нормативно-правовых актов, регулирующих производство, продажу и эксплуатацию е-сигарет) целесообразно приравнять их к табачным изделиям.

### Библиографический список

1. Amos A., Haglund M. From social taboo to “torch of freedom”: the marketing of cigarettes to women // Tobacco Control. – 2000. – No 9. – P 3–8.
2. Vapexpro. [сайт]. URL: <https://vapexpro.ru/ru/conference> (дата обращения: 16.10.2016).
3. Пат (ЕС) № 200601250. Электронная сигарета / Хон Лик (КНР), заявитель и патентовладелец Бест Партнерс Уолдуайд Лимитед (VG), заявл. 18.03.2005; опубл. 26.10.2007; приоритет от 29.12.2006. – 9 с.
4. Пат (US) № 1775,947. Электрический испаритель / Робинсон Дж. (US), заявитель и патентовладелец Робинсон Дж. (US), заявл. 03.05.1927; опубл. 16.09.1930; приоритет от 16.09.1930. – 5 с.
5. Bharadwaj S., Mitchell R. J., Qureshi A., Niazi J. H. Toxicity evaluation of e-juice and its soluble aerosols generated by electronic cigarettes using recombinant bioluminescent bacteria responsive to specific cellular damages // Biosensors and Bioelectronics. – 2017. – Vol. 90. – P. 53-60. doi: 10.1016/j.bios.2016.11.026.
6. Вредные вещества в промышленности. Справочник для химиков, инженеров и врачей / под ред. Н.В. Лазарева, Э.Н. Левиной. – Л.: Химия, 1976. – Т. 1. – 592 с.; 1977. – Т. 2 – 624 с.

7. Discovery News: насколько безопасны электронные сигареты? [Электронный ресурс] // Vardex [сайт]. URL: [https://www.vardex.ru/blog/are\\_they\\_safe/](https://www.vardex.ru/blog/are_they_safe/) (дата обращения: 10.10.2016).
8. POL-K: 160128-3-K E-Zigarette explodiert - Mann schwer verletzt // Presseportal [сайт]. URL: <http://www.presseportal.de/blaulicht/pm/12415/3237154> (дата обращения: 03.10.2016).
9. Паламарчук М. 10 взрывов электронных сигарет, которые покалечили людей // Life.ru. [сайт] [20.09.2016]. URL: [https://life.ru/t/жесть/905372/10\\_vzryvov\\_elektronnykh\\_sighariet\\_kotoryie\\_pokaliechili\\_liudiei](https://life.ru/t/жесть/905372/10_vzryvov_elektronnykh_sighariet_kotoryie_pokaliechili_liudiei) (дата обращения: 03.10.2016).
10. Nicoll K. J., Rose A. M., Khan M. A. A, Quaba O., Lowrie A. G. Thigh burns from exploding e-cigarette lithium ion batteries: First case series // Burns. – 2016. – Vol. 42. – No 4. – 42-46 p.
11. Campbell R. Report: Electronic Cigarette Explosions and Fires: The 2015 Experience. – Quincy: NFPA, 2015. – 4 p.
12. Об утверждении единого перечня продукции, подлежащей обязательной сертификации, и единого перечня продукции, подтверждение соответствия которой осуществляется в форме принятия декларации о соответствии (с изм. на 26.09.2016 г.) : принят Пост. Правительства РФ от 01.12.2009 № 982. Доступ из справ.- нормативной системы «Техэксперт».
13. Об утверждении списка продукции, которая для помещения под таможенные режимы, предусматривающие возможность отчуждения или использования этой продукции в соответствии с ее назначением на территории Российской Федерации, подлежит обязательному подтверждению соответствия требованиям Федерального закона «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (с изм. на 09.08.2016 г.) : принят Пост. Правительства РФ от 17.03.2009 № 241. Доступ из справ.-нормативной системы «Техэксперт».
14. Об утверждении единой Товарной номенклатуры внешнеэкономической деятельности Евразийского экономического союза и Единого таможенного тарифа Евразийского экономического союза (с изм. на 31.01.2017 г.) : принят Советом ЕЭК. Доступ из справ.- нормативной системы «Техэксперт».
15. О принятии Общероссийского классификатора видов экономической деятельности, продукции и услуг : организационно-распорядительный документ : принят постановлением Госстандарта России от 06.08.1993 № 17. Доступ из справ.-нормативной системы «Техэксперт».

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ОЦЕНКА ВЕРОЯТНОСТИ ОТКАЗА СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ**

*Бушинская А. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, bushinskaya@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Тимашев С. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, timashevs@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** При оценке надежности строительных конструкций используются вероятностные модели, в которые в качестве исходных данных входят случайные величины. Статистический анализ этих величин неизменно вводит неопределенности в оценки их параметров. В работе представлен метод оценки вероятности отказа строительных конструкций в условиях эпистемной неопределенности исходных данных. Эпистемная неопределенность возникает из-за недостаточных знаний об исследуемых процессах и замене их некоторыми моделями. Учет этой неопределенности производится с помощью байесовского анализа.

**Ключевые слова:** вероятность отказа, надежность, эпистемная неопределенность, байесовский подход.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **ASSESSMENT OF PROBABILITY OF FAILURE OF BUILDING STRUCTURES IN UNCERTAINTY CONDITIONS**

*Bushinskaya A. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, bushinskaya@gmail.com

Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Timashev S. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, timashevs@gmail.com

Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** When assessing reliability of building structures probabilistic models are used that have as their input some random values (RV). Statistical analysis of these RV inevitably introduces some uncertainties in the assessments of their parameters. In this paper a novel method is given of assessing the probability of failure (PoF) of building structures BS in conditions of epistemic uncertainty of the initial data. Epistemic uncertainty is a systemic uncertainty that emerges due to the insufficient knowledge about the processes being studied and substitution of them by some approximation models. The uncertainty is accounted for using the Bayesian analysis.

**Key words:** probability of failure, reliability, epistemic uncertainty, Bayesian approach.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



## Введение

Расчет строительных конструкций (СК) проводится с целью получения гарантии того, что за время эксплуатации не наступит ни одно из предельных состояний (отказов). В данной работе под предельным состоянием понимается предельное состояние по прочности, то есть прочность, конструкции в течение всего срока эксплуатации должна быть выше нагрузок и воздействий на нее. Однако всегда существуют многочисленные неустранимые источники неопределенности, как в нагрузках и воздействиях, так и в свойствах материалов, технологии изготовления, монтажа и, особенно, эксплуатации объекта, что тесно связано с человеческим и социально-экономическим факторами. Учет этих неопределенностей необходим при расчете конструкционной надежности.

В настоящее время неопределенность делят на два типа: алеаторную и эпистемную.

Алеаторная неопределенность или так называемая статистическая неопределенность связана со случайным характером изучаемых процессов. Алеаторная неопределенность является самой сутью случайности и представляет неизвестные случайные результаты, которые отличаются каждый раз, когда проводится один и тот же эксперимент. Количественная оценка алеаторной неопределенности может быть относительно простой. Для этого используются методы статистического моделирования, например метод Монте-Карло. В последнее время также используется разложение Карунена-Лоэва (представление случайного процесса в виде бесконечной линейной комбинации ортогональных функций) и метод полиномиального хаоса (хаос разложение Винера – метод, не используемый выборки данных, для определения эволюции неопределенности в динамической системе, когда существует вероятностная неопределенность ее параметров).

Эпистемная неопределенность или так называемая систематическая неопределенность обязана, в первую очередь, отсутствию достаточных знаний о процессах и замене знаний некоторыми моделями. Поскольку наши знания о природных процессах всегда будут оставаться неполными, эпистемная неопределенность также будет иметь место всегда. Для оценки этого вида неопределенности используются такие методы, как байесовский анализ, нечеткая логика и теория доказательств (теория Демпстер-Шафера – обобщение байесовской теории субъективной вероятности). Снизить этот вид неопределенности можно также анализом результатов, полученных с применением разных моделей, отражающих разные точки зрения на одно и то же явление.

В данной работе используется байесовских подход к оценке неопределенности. Многие статистические задачи независимо от методов их решения обладают общим свойством: до того как получен конкретный набор данных, в качестве потенциально



приемлемых для изучаемого процесса рассматривается несколько вероятностных моделей. После того как получены данные, возникает некоторое знание об относительной приемлемости этих моделей. Одним из способов «пересмотра» относительной приемлемости вероятностных моделей является байесовский подход, основой которого выступает известная теорема Байеса.

Основное отличие байесовского подхода состоит в том, что до того, как будут получены данные, исследователь рассматривает степени своего доверия к возможным моделям и представляет их в виде вероятностей. Как только данные получены, подход Байеса позволяет рассчитать новое множество вероятностей, учитывающих новую поступившую информацию.

### 1. Оценка надежности строительных конструкций по схеме «нагрузка – сопротивление»

При расчете надежности строительных конструкций (и их элементов) по схеме «нагрузка – сопротивление» функция предельного состояния (ФПС) имеет вид [1–3]:

$$G(R, S) = R - S,$$

где  $S$  – обобщенные усилия (или напряжения) в конструкции, выраженные через внешнюю нагрузку;  $R$  – обобщенная несущая способность конструкции (сопротивление).

Внешняя нагрузка  $S$  – это случайная величина, воздействующая на систему (или элемент) от внешних источников, под ней подразумевается растягивающая, сжимающая или перерезывающая силы, изгибающий или крутящий моменты, напряжение, продольную или поперечную перегрузки и т.п., а также любые их комбинации. Под внешней нагрузкой понимают эксплуатационную нагрузку [1].

Под несущей способностью понимается сила, изгибающий или крутящий моменты, напряжение, давление, перегрузка, деформация и т.д., характеризующие предельное состояние элемента, ограничивающее его дальнейшее использование [1].

Так нагрузка и сопротивления являются случайными величинами (в общем случае случайными процессами), то ФПС является функцией от случайных величин (СВ). Если обобщенные нагрузку и сопротивление рассматривать как СВ, то ФПС как разность двух СВ также будет случайной величиной.

Условие прочности СК заключается в том, чтобы ФПС  $G(R, S) > 0$  или  $R > S$ .

Вероятность отказа  $P_f$  строительных конструкций (вероятность того, что ФПС  $\leq 0$ ) при нормальном законе распределения нагрузки и сопротивления вычисляется по формуле [1–3]

$$P_f = \Phi(-\beta) \quad (1)$$

где  $\Phi(x)$  – интегральная функция распределения стандартного нормального закона. В формуле (1) параметр  $\beta$  называется характеристикой безопасности.

Пусть  $\mu_G, \sigma_G$  – математическое ожидание и стандартное отклонение случайной величины  $G(R, S)$  соответственно. Тогда характеристика безопасности  $\beta$  вычисляется по формуле

$$\beta = \frac{\mu_G}{\sigma_G}. \quad (2)$$

В общем случае ФПС может быть функцией многих переменных. Например, для консольной балки длиной  $L$  с прямоугольным сечением шириной  $b$  и высотой  $l$ , нагруженной сосредоточенной силой  $F$ , ФПС будет иметь вид:

$$G(\sigma_T, F, L, b, h) = \sigma_T - f(\sigma_T, F, L, b, h),$$

где  $\sigma = f(\sigma_T, F, L, b, h)$  – напряжения в балке.

Случайные величины  $\sigma_T, F, L, b, h$  в общем случае могут иметь различные законы распределения.

Пусть ФПС есть непрерывная и дифференцируемая функция многих случайных аргументов  $G(x_1, \dots, x_n)$ . Используем метод линеаризации функции многих переменных [4], позволяющий вычислить числовые характеристики ФПС по числовым характеристикам ее аргументов. Известно, что любая непрерывная и дифференцируемая функция в достаточно узких пределах изменения своих аргументов может быть приближенно заменена линейной. Ошибка при этом тем меньше, чем уже границы изменения аргументов.

Раскладывая ФПС в ряд Тейлора в окрестности точки математических ожиданий ее аргументов  $(m_{x1}, \dots, m_{xn})$ , получим оценки математического ожидания и дисперсии ФПС [4]:

$$\mu_G = G(m_{x_1}, m_{x_2}, \dots, m_{x_n}),$$

$$\sigma_G^2 = \sum_{i=1}^n \left[ \left( \frac{\partial G}{\partial x_i} \right)_{m_{x_1}, \dots, m_{x_n}}^2 \cdot \sigma_{x_i}^2 \right],$$

где  $\sigma_{x_i}^2$  – дисперсии аргументов ФПС.

Для случая, когда диапазон изменения случайных аргументов недостаточно мал, применяют метод уточнения результата линеаризации, то есть вводят поправки на нелинейность функции [4].

Зная математическое ожидание и стандартное отклонение ФПС, по формуле (2) можно вычислить характеристику безопасности и далее по формуле (1) оценить вероятность отказа СК.

## 2. Описание алеаторной и эпистемной неопределенностей при оценке надежности по схеме «нагрузка-сопротивление»

Пусть  $X = (X_1, \dots, X_n)$  – вектор исходных случайных параметров ФПС,  $f_G(g)$  – функция плотности вероятности (ФПВ) ФПС. Каждая СВ  $X_i$  описывается своим набором статистических параметров (характеристик)  $\theta$ . Если все СВ  $X_i$  имеют алеаторную неопределенность, то есть полностью известны статистические параметры  $\theta$  (либо через большое количество данных, либо из уже известных знаний об исходном параметре), то проблема является обычной оценкой надежности – определение детерминированного значения вероятности события  $G(X) \leq 0$ . Графическая интерпретация этого процесса представлена на рис. 1 [5].

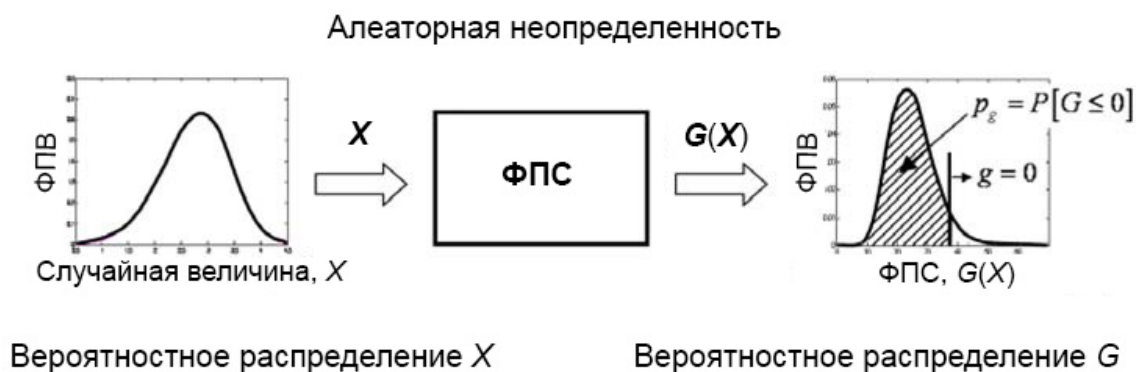


Рис. 1. Алеаторная неопределенность при оценке надежности СК

Если часть или все из входных переменных  $X$  содержат эпистемную неопределенность из-за недостаточного количества данных или знаний, то соответствующие статистические параметры  $\theta$  становятся неопределенными, что приводит к неопределенности при оценке надежности. В этом случае параметры  $\theta$  предполагаются случайными. Графическая интерпретация этого процесса представлена на рис. 2 [5]. В этом случае случайные величины вектора  $X$  заменяются соответствующими параметрами  $\theta$  и в результате анализа получаем ФПВ  $G(\theta)$  и вероятность  $P_g = P(G(\theta) \leq 0)$ . Поскольку статистические параметры  $\theta$  являются случайными, то вероятность  $P_g$  также будет

случайной и иметь вероятностное распределение. В этом случае при каждом наборе статистических параметров будем иметь различную оценку надежности. В конечном итоге, используя распределение параметров  $\theta$ , получим вероятностное распределение  $P_g$ .

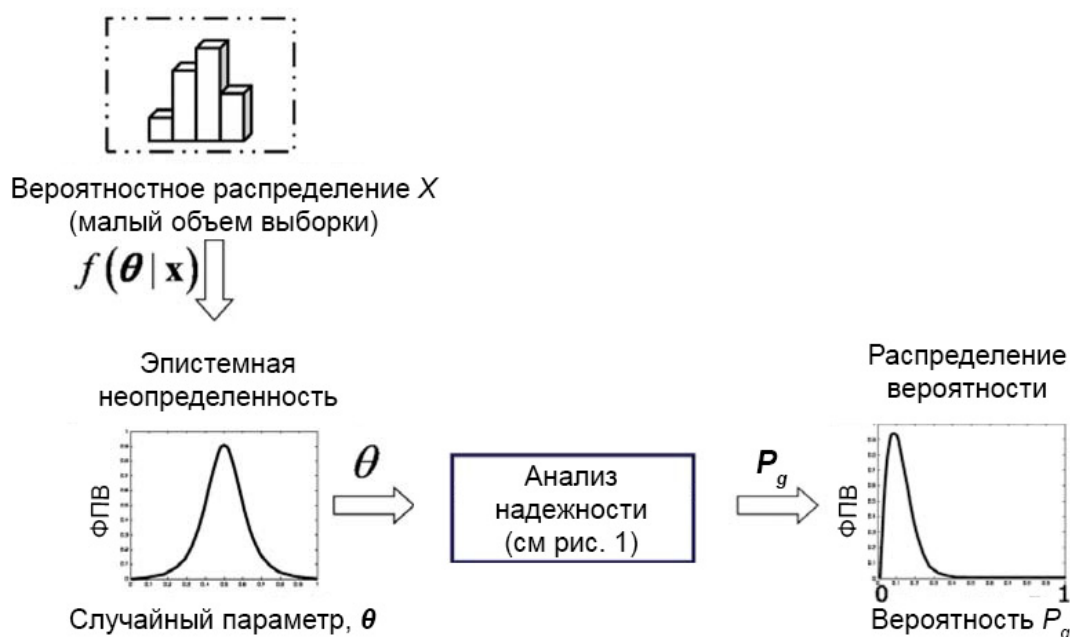


Рис. 2. Эпистемная неопределенность при оценке надежности

### 3. Некоторые сведения из байесовского подхода

Основой байесовского подхода в статистике является теорема Байеса. Предположим, что мы наблюдаем некоторую случайную величину  $Y$ , которая имеет ФПВ  $p(Y|\theta)$  параметрами  $\theta$  и хотим сделать вывод о случайной величине  $\theta$ , имеющей некоторое распределение вероятностей  $p(\theta)$ . Пусть в результате наблюдений получены статистические данные  $y$  (значения случайной величины  $Y$ ). Известная формула Байеса:

$$p(\theta | y) = \frac{p(y | \theta) p(\theta)}{p(y)},$$

Распределение  $p(\theta)$  называется априорным распределением вероятностей возможных значений параметра  $\theta$  (это распределение принимается прежде, чем получены статистические данные). Распределение  $p(y|\theta)$  называется апостериорным распределением значений  $\theta$  при условии, что наблюдались данные  $y$  (это распределение вычисляется после получения статистических данных).

Таким образом, в байесовском подходе в качестве исходной информации используется одновременно информация двух типов: априорная и содержащаяся в исходных

(выборочных) статистических данных. При этом априорная информация представляется в виде некоторого априорного распределения вероятностей анализируемого неизвестного параметра, которое описывает степень уверенности в том, что этот параметр примет то или иное значение, еще до начала использования статистических данных. По мере поступления исходных статистических данных с помощью формулы Байеса это распределение уточняется (пересчитывается), переходя тем самым от априорного распределения к апостериорному.

При использовании байесовского подхода кроме распределения вероятностей рассматриваемой случайной величины  $Y$  используется априорное распределение параметров  $\theta$  функции распределения величины  $Y$ . Опираясь на статистические данные, априорное распределение параметров  $\theta$  модифицируется путем умножения на функцию правдоподобия и нормализацией. Результатом является апостериорное распределение параметров  $\theta$ . Другими словами, параметры распределения случайной величины сами являются случайными величинами с некоторым распределением, т.е. мы имеем неопределенность второго порядка (эпистемная): «случайные параметры случайной величины» или «распределение параметров распределения».

Обычно априорные распределения делят на три типа: информативные, неинформативные и сопряженные. Информативное априорное распределение выражает конкретную информацию о переменной еще до использования исходных статистических данных. Априорное распределение часто задается субъективно.

Неинформативное априорное распределение (не очень информативное априори или объективное априори) выражает размытую или общую информацию о переменной, то есть свойства распределения не назначаются субъективно. Другими словами, это полное отсутствие априорной информации.

#### **4. Применение байесовского подхода при оценке надежности по схеме «нагрузка-сопротивление»**

Предположим, что обобщенное сопротивление  $R$  и нагрузка  $S$  являются случайными и распределенными по нормальному закону. Пусть математические ожидания  $\mu_R, \mu_S$  этих величин не известны, но известны их дисперсии  $\sigma_R^2, \sigma_S^2$ , то есть  $\mu_R, \mu_S$  рассматриваются как независимые случайные величины. Предположим, что они имеют неинформативное априорное распределение.

Согласно подходу Байеса [6, 7] апостериорным распределением величин  $\mu_R, \mu_S$  будет нормальное распределение с параметрами  $N\left(\bar{R}, \frac{\sigma_R}{\sqrt{n}}\right), N\left(\bar{S}, \frac{\sigma_S}{\sqrt{n}}\right)$  соответственно, где  $n$  – размер выборки,  $\bar{R}, \bar{S}$  – выборочные средние сопротивления и нагрузки.

Так как величины  $\mu_R, \mu_S$  распределены нормально, то величина

$$\beta = \frac{\mu_R - \mu_S}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}},$$

также будет распределена нормально (как разность двух нормально распределенных величин) со следующими параметрами (математическое ожидание, дисперсия и стандартное отклонение):

$$\begin{aligned}\mu_\beta &= \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}; \\ \sigma_\beta^2 &= \frac{1}{\sigma_R^2 + \sigma_S^2} \left( \frac{\sigma_R^2}{n} + \frac{\sigma_S^2}{n} \right) = \frac{1}{n}.\end{aligned}$$

Случайная величина  $\beta$  имеет функцию плотности вероятности

$$f_\beta(x) = \frac{\sqrt{n}}{\sqrt{2\pi}} \exp \left( -\frac{n}{2} \left[ x - \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}} \right]^2 \right). \quad (3)$$

Так как  $P_f = \Phi(-\beta) = y(\beta)$  и функция  $\Phi(x)$  является неубывающей, то есть монотонной, то по теореме [4] о плотности распределения функции от случайной величины ФПВ отказа  $P_f$  имеет вид:

$$f_{P_f}(p) = (y^{-1}(p))' f_\beta(y^{-1}(p)). \quad (4)$$

Обратная к функции  $y$  будет функция

$$y^{-1}(p) = \Phi^{-1}(1-p).$$

Найдем производную функции  $\Phi^{-1}(1-p)$ . Обратная интегральная функция стандартного нормального распределения связана с обратной функцией ошибок (функция Лапласа или интеграл вероятности) следующей формулой:

$$\Phi^{-1}(p) = \sqrt{2} \operatorname{erf}^{-1}(2p-1), \quad p \in [0,1],$$

где  $\operatorname{erf}^{-1}(x)$  – обратная функция ошибок.

Тогда

$$\Phi^{-1}(1-p) = \sqrt{2} \operatorname{erf}^{-1}(1-2p), \quad p \in [0,1],$$

И согласно [8]

$$\frac{derf^{-1}(p)}{dp} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \exp\left(\left[erf^{-1}(p)\right]^2\right).$$

Тогда

$$\frac{derf^{-1}(1-2p)}{dp} = \frac{2\sqrt{\pi}}{2} \exp\left(\left[erf^{-1}(1-2p)\right]^2\right).$$

Из этого выражения следует, что

$$\frac{dy^{-1}(p)}{dp} = \frac{d\Phi^{-1}(1-p)}{dp} = \sqrt{2\pi} \exp\left(\frac{\left[\Phi^{-1}(1-p)\right]^2}{2}\right).$$

Из формул (3), (4) получим, что функция плотности распределения вероятности отказа имеет вид

$$f_{P_f}(p) = \sqrt{n} \exp\left(-\frac{n}{2}\left[\Phi^{-1}(1-p) - \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}\right]^2 + \frac{\left[\Phi^{-1}(1-p)\right]^2}{2}\right).$$

Тогда математическое ожидание и дисперсия вероятности отказа

$$M[P_f] = \int_0^1 p f_{P_f}(p) dp, \quad D^2[P_f] = \int_0^1 f_{P_f}(p) (p - M[P_f])^2 dp.$$

Так как вероятность отказа связана с надежностью соотношением  $P_S = 1 - P_f = \Phi(\beta)$ , то функция плотности надежности

$$f_{P_S}(p) = -\sqrt{n} \exp\left(-\frac{n}{2}\left[\Phi^{-1}(p) - \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}\right]^2 + \frac{\left[\Phi^{-1}(p)\right]^2}{2}\right).$$

В этом выражении величину  $\tilde{\beta} = \frac{\bar{R} - \bar{S}}{\sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2}}$  можно рассматривать как выборочную (условную) характеристику безопасности.

Пусть необходимо, чтобы вероятность отказа системы была не более допустимого значения  $p_l$  (например  $10^{-6}$ ) с заданной вероятностью  $p^*$  (уровень доверия). Тогда из уравнения

$$P(P_f < p_l) = \int_0^{p_l} f_{P_f}(p) dp = p^*$$

можно найти условную характеристику безопасности  $\tilde{\beta}$  в зависимости от размера выборки  $n$ :

$$\sqrt{n} \int_0^{p_l} \exp \left( -\frac{n}{2} [\Phi^{-1}(1-p) - \tilde{\beta}]^2 + \frac{[\Phi^{-1}(1-p)]^2}{2} \right) dp = p^*. \quad (5)$$

Таким образом, получили условную характеристику безопасности, обеспечивающую заданный уровень надежности с заданной вероятностью в зависимости от размера выборки. Формула (5) отражает влияние эпистемной неопределенности на вероятность отказа/надежность конструкции.

На рис. 3 представлена зависимость условной характеристики безопасности  $\tilde{\beta}$  в зависимости от объема выборки, обеспечивающая вероятность отказа не более  $p_l = 10^{-6}$  с вероятностью  $p^* = 0.99$ .

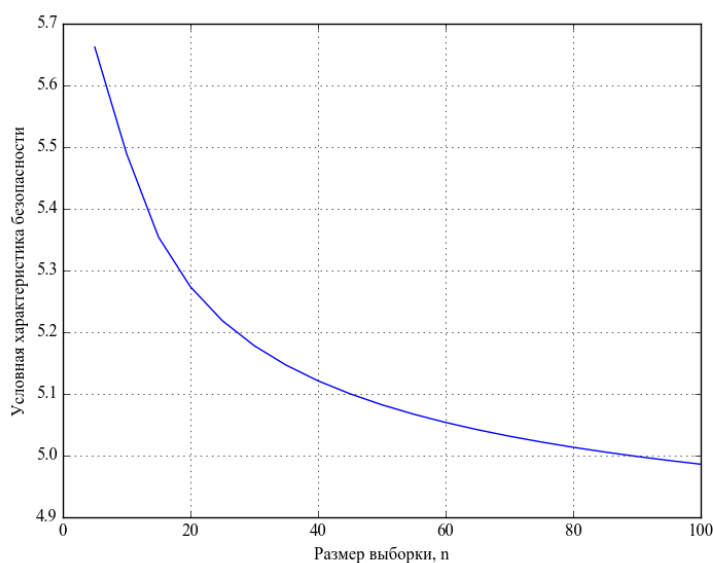


Рис. 3. Зависимость условной характеристики безопасности в зависимости от объема выборки, обеспечивающая вероятность отказа не более  $10^{-6}$  с вероятностью 0,99

Следует отметить, что в классическом случае (не учитывающем неопределенности параметров распределений) величина  $\beta$ , соответствующая вероятности отказа  $10^{-6}$  равна 4.75.



**Библиографический список**

1. Тимашев С.А. Инфраструктуры. Часть 1: Надежность и долговечность. – Екатеринбург: АМБ, 2016. 534 с.
2. Райзер В.Д. Методы теории надежности в задачах нормирования расчетных параметров строительных конструкций. М.: Стройиздат, 1986.-192с.
3. Лычев А.С. Надежность строительных конструкций. – М.: АСВ, 2008.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учеб. для вузов. 6-е изд. стер. М.: Высш. шк., 1999. 576 с.
5. Dawn A., Jooho C., Junho W. Reliability Analysis under Integrated Input Variable and Metamodel Uncertainty Based on Bayesian Approach. // Proc. of the 4th International workshop on reliable engineering computing robust design -- coping with hazards, risk and uncertainty. March, 2010, Singapore
6. Хей Д. Введение в методы Байесовского статистического вывода. М.: Финансы и статистика, 1987. 335 с.
7. Gelman A., Carlin J.B. et al. Bayesian Data Analysis. Second Edition. -- Chapman & Hall/CRC, 2004.  
<http://mathworld.wolfram.com/InverseErf.html>

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**РАСЧЕТ РЕЗЕРВУАРОВ НА ПРОЧНОСТЬ  
И УСТОЙЧИВОСТЬ КАК КРИТЕРИЙ  
ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ  
БЕЗОПАСНОСТИ ОПАСНЫХ  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ В  
УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

*Загидуллина В. М.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, marsovnavenera@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Полуян Л. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия,  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Представлена методика статического расчета резервуаров блока хранения опасных веществ, эксплуатируемых в регионах с пониженными среднегодовыми температурами, в целях обеспечения промышленной безопасности опасных производственных объектов (ОПО) топливно-энергетического комплекса (ТЭК) России.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, анализ риска, критичная инфраструктура, предельные состояния, интервальная оценка.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**CALCULATION OF TANKS STRENGTH AND  
STABILITY AS A REGIONAL SAFETY  
CRITERION OF DANGEROUS INDUSTRIAL  
OBJECTS EXPLOITED IN CONDITIONS OF  
THE EXTREME NORTH**

*Zagidullina V. M.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, marsovnavenera@gmail.com  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Poluyan L. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The method of static calculation of tanks with hazardous substances exploited in regions with lower average annual temperatures is presented to ensure industrial safety of hazardous production facilities of the Russian fuel and energy complex.

**Key words:** industrial safety, risk analysis, critical infrastructure, limit states, interval estimation.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## **1. О необходимости расчета**

Обеспечение региональной промышленной безопасности — это своевременные и эффективные управленческие решения в масштабах региона, основанные на действующих законодательных актах. Основными задачами в сфере промышленной безопасности являются предотвращение связанных с промышленной деятельностью аварий и катастроф, загрязнения окружающей среды.

Составляющими региональной промышленной безопасности являются:

- охрана труда и техники безопасности;
- энергетическая безопасность;
- экологическая безопасность;
- производственная безопасность.

Под производственной безопасностью подразумевается обеспечение безопасности непосредственно производственного процесса. В данное понятие входят такие составляющие, как:

- обеспечение непрерывного и безопасного цикла работы;
- обеспечение безопасного функционирования оборудования и технических средств;
- обеспечение безопасного функционирования опасных производственных зданий и сооружений.

Для безопасного функционирования опасных производственных сооружений (например, резервуаров) обязательным является соответствие их технических эксплуатационных характеристик различным нормативным стандартам. Основопологающим критерием такого соответствия является обеспечение несущей способности (прочность, устойчивость) рассматриваемого сооружения. Кроме того учитывается обеспечение отсутствия недопустимых деформаций.

Состояние, когда сооружение перестаёт удовлетворять эксплуатационным требованиям, называется предельным состоянием.

В статье представлен расчет по I группе предельных состояний резервуаров. В I группу предельных состояний входит исчерпание несущей способности (прочность, устойчивость).

При расчете резервуара на прочность и устойчивость необходимо выполнить определение расчетной толщины стенки резервуара и сравнить данное значение с минимальным по нормативной документации.

## 2. Расчет толщины стенки резервуара на примере РВС-1000, выполненного из стали 09Г2С

В соответствии с п.2.6.8 [4] резервуары изготавливаются в соответствии с проектом. В состав пояснительной записки проекта должно быть включено определение минимальной расчетной толщины стенки резервуара, которое согласно Приложению Б [2] определяется по формуле:

$$\delta_e = \frac{[n_1 \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g(H_{\text{макс доп}} - x) + n_2 \cdot P_u]R}{\gamma_c \cdot R_y}, \quad (1)$$

где  $n_1 = 1,05$  – коэффициент надежности по нагрузке гидростатического давления;

$\rho_{\text{ж}} = 900 \text{ кг/м}^3$  – плотность жидкости, для моторного масла;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$H_{\text{макс.доп.}}$  – максимально допустимый уровень налива жидкости в резервуаре;

$x = 0 \text{ м}$  – расстояние от днища резервуара до расчетного уровня пояса;

$n_2 = 1,2$  – коэффициент надежности по нагрузке избыточного давления;

$P_u = 2 \text{ кПа}$  – нормативная величина избыточного давления по табл. 2 [2];

$R = 5,215 \text{ м}$  – радиус стенки резервуара, для резервуара РВС-1000;

$\gamma_c$  – коэффициент условия работы,  $\gamma_c = 0,7$  – для нижнего пояса,  $\gamma_c = 0,8$  – для остальных;

$R_y$  – расчетное сопротивление материала пояса стенки по пределу текучести, Па:

$$R_y = \frac{R_y^H}{\gamma_m \cdot \gamma_n}, \quad (2)$$

где  $R_y^H$  – нормативное сопротивления растяжению (сжатию) металла стенки, равное минимальному значению предела текучести, для стали 09Г2С  $R_y^H = 345 \text{ МПа}$ ;

$\gamma_m$  – коэффициент надежности по материалу, для стальных конструкций  $\gamma_m = 1,025$ ;

$\gamma_n$  – коэффициент надежности по назначению, для резервуаров объемом по строительному номиналу менее  $10000 \text{ м}^3$  -  $\gamma_n = 1,1$ .

Тогда для нижнего пояса резервуара минимальная расчетная толщина стенки равна:

$$\delta_n = \frac{[1,05 \cdot 900 \cdot 9,81(12 - 0) + 1,2 \cdot 2400]5,215}{0,7 \cdot 306 \cdot 10^6} = 2,37574 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3 \text{ мм.}$$

Для верхнего пояса резервуара минимальная расчетная толщина стенки равна:

$$\delta_b = \frac{[1,05 \cdot 900 \cdot 9,81(12 - 10,5) + 1,2 \cdot 2400]5,215}{0,8 \cdot 306 \cdot 10^6} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 1 \text{ мм.}$$

Минимальная конструктивная толщина стенки резервуара определяется в соответствии с табл. Б.1 [2], табл. 3 [3] и табл. 3.3 [5]. Выборка производится путём взятия

наибольшего значения. Для резервуара РВС-1000 минимальная конструктивная толщина стенки составляет 5 мм.

### 3. Нахождение зависимости толщины стенки резервуара от типа резервуара, вида топлива и марки применяемой стали

На основе вышеописанного расчета выполнено определение толщины стенки для резервуаров: РВС-100, РВС-200, РВС-500, РВС-1000, РВС-2000, РВС-5000, РВС-10000, РВС-30000, РВС-50000.

Расчет толщин стенок резервуаров выполнен по прил. А [3] для марок стали: С235; С245; С255; С275; С345; С375; С390; С440; С590; С590К; 09Г2С; 10Г2СБ; 08Г2Б-У8; 09Г2У; 10Г2ФБ.

Результаты расчета толщин стенок различных резервуаров для хранения различных видов топлива с применением различных марок стали представлены в табл. 1-4. Для нахождения точной величины толщины стенки табличное значение необходимо округлять в большую сторону.

Таблица 1

#### Зависимость толщины стенки нижнего пояса резервуара от типа резервуара и марки применяемой стали для бензина

Марка/ Тип	100	200	500	1000	2000	5000	10000	30000	50000
С235	0.846	1.135	2.003	3.487	5.076	6.239	8.842	23.687	30.270
С245	0.777	1.089	1.921	3.345	4.869	5.984	8.481	21.754	27.799
С255	0.746	1.04	1.846	3.214	4.869	5.984	8.481	21.754	27.799
С275	0.692	0.970	1.711	2.980	4.50	5.531	7.555	20.112	25.701
С345	0.551	0.773	1.36	2.375	3.457	4.249	6.022	16.399	20.956
С375	0.507	0.711	1.255	2.185	3.181	3.909	5.541	15.013	19.185
С390	0.488	0.684	1.207	2.101	3.058	3.759	5.327	13.666	17.463
С440	0.432	0.606	1.069	1.862	2.711	3.332	4.722	12.113	15.479
С590	0.352	0.494	0.87	1.517	2.209	2.715	3.847	9.869	12.612
С590К	0.352	0.494	0.87	1.517	2.209	2.715	3.847	9.869	12.612
09Г2С	0.551	0.773	1.36	2.375	3.457	4.249	6.022	15.448	19.741
10Г2СБ	0.432	0.606	1.069	1.862	2.711	3.332	4.722	12.113	15.479
08Г2Б-У8	0.432	0.606	1.069	1.862	2.711	3.332	4.722	12.113	15.479
09Г2У	0.551	0.773	1.36	2.375	3.457	4.249	6.022	15.448	19.741
10Г2ФБ	0.488	0.684	1.207	2.101	3.058	3.759	5.327	13.666	17.463
Минимально допустимые конструктивные значения:									
ГОСТ 31385- 2008	5	5	5	5	5	5	6	10	10
ПБ 03-605-03	5	5	5	5	5	5	7	10	10
Нормы РД	5	5	5	5	5	5	9	11	11
"Газовик"	5	5	5	6	7	12	13	18	24

Таблица 2

**Зависимость толщины стенки нижнего пояса резервуара от типа резервуара и марки применяемой стали для дизельного топлива**

Марка/Тип	100	200	500	1000	2000	5000	10000	30000	50000
C235	0.940	1.262	2.229	3.885	5.655	6.954	9.858	26.409	33.745
C245	0.864	1.211	2.138	3.727	5.424	6.670	9.455	24.253	30.991
C255	0.830	1.163	2.054	3.581	5.424	6.670	9.455	24.253	30.991
C275	0.769	1.079	1.905	3.320	5.015	6.167	8.424	22.423	28.652
C345	0.613	0.860	1.519	2.647	3.852	4.737	6.715	18.283	23.362
C375	0.564	0.791	1.397	2.435	3.544	4.358	6.177	16.738	21.388
C390	0.543	0.761	1.343	2.341	3.407	4.190	5.940	15.236	19.468
C440	0.481	0.674	1.191	2.075	3.020	3.714	5.265	13.505	17.256
C590	0.392	0.549	0.970	1.691	2.461	3.026	4.290	11.004	14.061
C590K	0.392	0.549	0.970	1.691	2.461	3.026	4.290	11.004	14.061
09Г2С	0.613	0.860	1.519	2.647	3.852	4.737	6.715	17.223	22.008
10Г2СБ	0.481	0.674	1.191	2.075	3.020	3.714	5.265	13.505	17.256
08Г2Б-У8	0.481	0.674	1.191	2.075	3.020	3.714	5.265	13.505	17.256
09Г2У	0.613	0.860	1.519	2.647	3.852	4.737	6.715	17.223	22.008
10Г2ФБ	0.543	0.761	1.343	2.341	3.407	4.190	5.940	15.236	19.468
Минимально допустимые конструктивные значения:									
ГОСТ 31385-2008	5	5	5	5	5	5	6	10	10
ПБ 03-605-03	5	5	5	5	5	5	7	10	10
Нормы РД	5	5	5	5	5	5	9	11	11
"Газовик"	5	5	5	6	7	12	13	18	24

Таблица 3

**Зависимость толщины стенки нижнего пояса резервуара от типа резервуара и марки применяемой стали для масла моторного**

Марка/Тип	100	200	500	1000	2000	5000	10000	30000	50000
C235	0.982	1.318	2.330	4.062	5.912	7.272	10.309	27.618	35.290
C245	0.902	1.265	2.235	3.896	5.671	6.975	9.888	25.364	32.409
C255	0.867	1.215	2.147	3.744	5.671	6.975	9.888	25.364	32.409
C275	0.804	1.127	1.991	3.471	5.243	6.448	8.809	23.449	29.963
C345	0.641	0.898	1.587	2.767	4.027	4.953	7.022	19.120	24.431
C375	0.589	0.826	1.460	2.546	3.705	4.557	6.460	17.504	22.367
C390	0.567	0.794	1.404	2.448	3.562	4.382	6.212	15.934	20.359
C440	0.502	0.704	1.244	2.170	3.158	3.884	5.506	14.123	18.046
C590	0.409	0.574	1.014	1.768	2.573	3.165	4.486	11.508	14.704
C590K	0.409	0.574	1.014	1.768	2.573	3.165	4.486	11.508	14.704
09Г2С	0.641	0.898	1.587	2.767	4.027	4.953	7.022	18.012	23.015
10Г2СБ	0.502	0.704	1.244	2.170	3.158	3.884	5.506	14.123	18.046
08Г2Б-У8	0.502	0.704	1.244	2.170	3.158	3.884	5.506	14.123	18.046
09Г2У	0.641	0.898	1.587	2.767	4.027	4.953	7.022	18.012	23.015
10Г2ФБ	0.567	0.794	1.404	2.448	3.562	4.382	6.212	15.934	20.359

**Зависимость толщины стенки нижнего пояса резервуара от типа резервуара и марки применяемой стали для нефти**

Марка/ Тип	100	200	500	1000	2000	5000	10000	30000	50000
C235	0.930	1.248	2.204	3.841	5.591	6.875	9.745	26.106	33.359
C245	0.854	1.197	2.114	3.684	5.362	6.594	9.347	23.975	30.636
C255	0.821	1.150	2.031	3.540	5.362	6.594	9.347	23.975	30.636
C275	0.761	1.067	1.884	3.283	4.958	6.096	8.327	22.166	28.324
C345	0.607	0.850	1.501	2.617	3.808	4.683	6.638	18.074	23.095
C375	0.558	0.782	1.381	2.407	3.503	4.308	6.107	16.546	21.143
C390	0.537	0.752	1.328	2.315	3.369	4.142	5.872	15.061	19.246
C440	0.476	0.667	1.177	2.052	2.986	3.672	5.205	13.350	17.059
C590	0.388	0.543	0.959	1.672	2.433	2.992	4.241	10.878	13.900
C590K	0.388	0.543	0.959	1.672	2.433	2.992	4.241	10.878	13.900
09Г2С	0.607	0.850	1.501	2.617	3.808	4.683	6.638	17.026	21.756
10Г2СБ	0.476	0.667	1.177	2.052	2.986	3.672	5.205	13.350	17.059
08Г2Б-У8	0.476	0.667	1.177	2.052	2.986	3.672	5.205	13.350	17.059
09Г2У	0.607	0.850	1.501	2.617	3.808	4.683	6.638	17.026	21.756
10Г2ФБ	0.537	0.752	1.328	2.315	3.369	4.142	5.872	15.061	19.246
Минимально допустимые конструктивные значения:									
ГОСТ 31385-2008	5	5	5	5	5	5	6	10	10
ПБ 03-605-03	5	5	5	5	5	5	7	10	10
Нормы РД	5	5	5	5	5	5	9	11	11
"Газовик"	5	5	5	6	7	12	13	18	24

Таблицы показывают значение минимальной расчетной толщины нижнего пояса стенки резервуара, мм. В нижних строчках представлены требования к толщине согласно различным нормативным документам, мм. Для сравнения в конце таблицы приведены значения толщины стенки резервуаров, произведенных компанией «Газовик-Нефть».

Например, по Таблице 3 для резервуара РВС-10000, выполненного из стали С345, минимальная конструктивная толщина стенки составляет 9 мм, минимальная расчетная толщина составляет 8 мм, толщина стенки от компании «Газовик-Нефть» (с припуском на коррозию) составляет 13 мм. В данном случае рекомендуется понизить значение до 10 мм.

#### 4. Интервальная оценка толщины стенки резервуара

Расчет толщины стенки резервуара, эксплуатируемого в условиях Крайнего Севера, дал множество точечных значений. Расчет проводился по 4 типам вещества, 15 маркам стали и 9 типам резервуаров. В результате получено  $4 \cdot 15 \cdot 9 = 540$  значений. При таком объеме для достоверной оценки результатов вычислений требуется прибегнуть к интервальной оценке.



В качестве примера продемонстрируем интервальную оценку толщины стенки резервуара РВС-10000 с нефтью, эксплуатируемого в условиях Крайнего Севера.

Известны результаты 15-ти независимых вычислений толщины стенки резервуара РВС-10000 в зависимости от марки стали в мм: 9.745; 9.347; 9.347; 8.327; 6.638; 6.107; 5.872; 5.205; 4.241; 4.241; 6.638; 5.205; 5.205; 6.638; 5.872. Надежность вычислений примем стандартной – 95 %. Требуется дать интервальную оценку, вычислив доверительный интервал. Расчет выполнен в программе Microsoft Excel.

#### 4.1. Доверительный интервал для матожидания

Доверительный интервал для матожидания по закону распределения Стьюдента:

$$T = \frac{U \cdot \sqrt{n}}{\sqrt{X}}, \quad (3)$$

где  $n$  – число степеней свободы,  $X$  – случайная величина с распределением хи-квадрат,  $U$  – случайная величина с распределением (0;1).

Иными словами, интервал находится следующим образом:

$$(\bar{X}_B - A \frac{S_0}{\sqrt{n}}; \bar{X}_B + A \frac{S_0}{\sqrt{n}}), \quad (4)$$

где  $\bar{X}_B$  – выборочное среднее,  $A$  – квантиль распределения Стьюдента;  $S_0$  – стандартное отклонение;  $n$  – размер выборки.

Квантиль распределения Стьюдента определяется по формуле:

$$A = t_{1-\frac{\alpha}{2}}(n-1), \quad (5)$$

где  $\alpha$  – уровень значимости,  $t$  – табличное значение квантиля.

Т а б л и ц а 5

Результаты интервальной оценки в MS Excel

Величина	Обозначение	Значение
Выборка	$n$	15
Степень свободы	$k = n - 1$	$15 - 1 = 14$
Доверительная вероятность	$\beta$	0,95
Уровень значимости	$\alpha + \beta = 1; \alpha = 1 - \beta$	$1 - 0,95 = 0,05$
Стандартное отклонение	$S_0 = \text{СТАНДОТКЛОН}(\text{число}^1; \dots; \text{число}^n)$	1,817
Доверительный интервал	$T = \text{ДОВЕРИТ}(S_0; \alpha; n)$	0,920
Вероятность квантиля	$\phi = 1 - \alpha/2$	$1 - 0,05/2 = 0,975$
Квантиль распределения	$A = \text{СТЮДРАСПОБР}(\phi; k)$	0,032
Выборочное среднее	$\bar{X}_B = \text{СРЗНАЧ}(\text{число}^1; \text{число}^2; \dots; \text{число}^n)$	6,575
Результат	$(\bar{X}_B - T; \bar{X}_B + T)$	(5,655; 7,495)

Полученный результат говорит, что для резервуара РВС-10000, наполненного нефтью и эксплуатируемого в условиях Крайнего Севера значение толщины стенки нижнего пояса (мм) с вероятностью 97,5 % будет лежать в интервале (5,655; 7,495).

#### 4.2. Доверительный интервал для дисперсии

Доверительный интервал для дисперсии по закону распределения Пирсона:

$$X = X_1^2 + X_2^2 + \dots + X_k^2, \quad (6)$$

где  $k$  – число степеней свободы,  $X$  – случайная величина с распределением (0;1).

Доверительный интервал для дисперсии строится по формуле:

$$\left( \frac{S_0^2(n-1)}{A_1}, \frac{S_0^2(n-1)}{A_2} \right), \quad (7)$$

где  $S_0^2$  – выборочная дисперсия,  $A_1, A_2$  – квантили распределения хи-квадрат.

Выборочная дисперсия находится по формуле:

$$S_0^2 = \frac{\sum_{i=1}^k (X_i - \bar{X}_e)^2 n_i}{n}, \quad (8)$$

где  $k$  – число степеней свободы,  $\bar{X}_e$  – выборочное среднее,  $n$  – размер выборки.

Табличные значения квантилей распределения хи-квадрат находятся по формулам:

$$A_1 = \chi_{1-\frac{\alpha}{2}}^2(n-1); \quad (9)$$

$$A_2 = \chi_{\frac{\alpha}{2}}^2(n-1). \quad (10)$$

Таблица 6

Результаты интервальной оценки в MS Excel

Величина	Обозначение	Значение
Выборка	$n$	15
Степень свободы	$k = n - 1$	15-1=14
Доверительная вероятность	$\beta$	0,95
Уровень значимости	$\alpha + \beta = 1; \alpha = 1 - \beta$	1-0,95=0,05
Вероятности квантилей	$\varphi_1 = 1 - \alpha/2; \varphi_2 = \alpha/2;$	1-0,05/2=0,975; 0,05/2=0,025
Квантили распределения	$A_1 = \text{ХИ2ОБР}(\varphi_1; k); A_2 = \text{ХИ2ОБР}(\varphi_2; k);$	26,119; 5,629
Выборочное среднее	$\bar{X}_e = \text{СРЗНАЧ}(\text{число}^1; \text{число}^2; \dots; \text{число}^n)$	6,575
Выборочная дисперсия	$S_0^2 = \text{ДИСП}(\text{число}^1; \text{число}^2; \dots; \text{число}^n)$	3,303
Результат	$\left( \frac{S_0^2 k}{A_1}, \frac{S_0^2 k}{A_2} \right)$	(1,770; 8,215)

Полученный результат говорит, что для резервуара РВС-10000, наполненного нефтью и эксплуатируемого в условиях Крайнего Севера с вероятностью 97,5 % полученный интервал (1,770; 8,215) покрывает истинные значения параметра.

### **Замечания**

Вычисленные толщины стенок резервуаров показали, что при объеме до 1000 м<sup>3</sup> включительно значения толщин не вызывают каких-либо противоречий. Интерес представляют результаты вычислений для крупных резервуаров, где вычисленное значение толщины превышает нормативные показатели. В связи с этим интервальная оценка проведена для 5-ти типов резервуаров (РВС-2000, РВС-5000, РВС-10000, РВС-30000, РВС-50000) с 4-мя типам веществ (дизтопливо, бензин, моторное масло, нефть).

### **Выводы**

Для статического и интервального расчета толщины нижнего пояса стенки резервуара приняты 9 типов резервуаров, 4 вида топлива и 15 марок стали. Для сравнения представлены образцы 9-ти резервуаров компании «Газовик-Нефть». В качестве минимальных требуемых значений приняты величины по трём нормативным документам.

Расчеты показали, что расчетная толщина верхнего пояса стенки резервуара всегда много ниже конструктивной минимальной толщины, поэтому при подборе толщины верхнего пояса стенки следует принимать минимальное конструктивное значение.

По результатам интервальной оценки можно сделать вывод, что при проектировании стенки резервуара перед конструктором встает следующая задача: каким параметром руководствоваться при выборе марки стали для стенки резервуара?

По усмотрению конструктора могут быть приняты следующие параметры выбора: металлоёмкость (минимальный объем металлопроката); экономическая целесообразность (наиболее дешевая марка стали); металлоёмкость + экономическая целесообразность.

Практика показывает, что зачастую проектные организации пренебрегают комбинированным параметром, полагаясь на выбор наиболее дешевой стали. В результате при использовании дешевой стали в регионах с пониженными температурами возникают хрупкие разрушения резервуаров. Однако следует заметить, что зачастую происходит следующая картина: для проектирования резервуара требуется большой объем дешевой стали, в то время как можно использовать маленький объем дорогой стали.

При расчете резервуара по предельным состояниям важно учитывать специфику региона, в котором он эксплуатируется. Изученная научная литература показала, что внимания при расчетах требуют резервуары, находящиеся в регионах с пониженными

температурами. Для снижения опасности разрушения резервуаров при низких температурах, при изготовлении резервуаров необходимо использовать хладостойкие стали с маркой ВСтЗсп (спокойная) и 09Г2С, 14Г2АФ, 16Г2АФ.

К примеру, на рынке металлопроката сталь 09Г2С дороже, чем ВСтЗсп. Но с точки зрения расчета по I группе предельных состояний эта сталь потребует меньшей толщины листа, чем сталь ВСтЗсп.

### Библиографический список

1. Свод правил: СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*. – М., 2011. – С. 78.
2. Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 м<sup>3</sup>: РД 16.01-60.30.00-КТН-026-1-04. – М., 2004. – С. 141.
3. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия: ГОСТ 31385-2008. – М.: Стандартинформ, 2010. – С. 75.
4. Правила промышленной безопасности нефтебаз и складов нефтепродуктов: ПБ 09-560-03. – М., 2003. – С. 29.
5. Правила устройства вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов: ПБ 09-560-03. – М., 2003. – С. 73.
7. Статистическая обработка данных : метод. рекомендации / сост. Н. В. Мохнарылова ; РАНХиГС, Сиб. ин-т упр. — Новосибирск : Изд-во СибАГС, 2014. — 58 с.
8. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия: ГОСТ 27772-88. – М., 1989. – С. 13.
9. Большаков, А.М. Хладостойкость трубопроводов и резервуаров Севера после длительной эксплуатации: диссертация на соискание ученой степени д.т.н.: 01.02.06 / Большаков Александр Михайлович. – М., 2009. – С.448.
10. Захарова, М.И. Идентификация опасностей на резервуарах, работающих в условиях низких температур / М.И. Захарова, А.М. Большаков // Материалы Всероссийской научно - практической конференции «Сварка и безопасность», в 2 т. – Якутск. – 2012. – Т. 1. - С. 190-197.
11. Махутов, Н.А. Деформационные критерии разрушения и расчет элементов конструкций на прочность / Н.А. Махутов. – М.: Машиностроение, 1981. – С. 272.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**МЕТОД МАРКОВСКОГО АНАЛИЗА КАК  
ИНСТРУМЕНТ СНИЖЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ РИСКОВ НА  
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ  
В УСЛОВИЯХ КРАЙНЕГО СЕВЕРА**

*Загидуллина В. М.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, marsovnavenera@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Полуян Л. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия,  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Изучен вопрос применения метода Марковского анализа при оценке промышленной безопасности потенциально опасных объектов (ПОО), эксплуатируемых в регионах с пониженными среднегодовыми температурами, в целях обеспечения региональной промышленной безопасности Крайнего Севера России.

**Ключевые слова:** промышленная безопасность, анализ риска, Марковские процессы, методы риска.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**THE MARKOV ANALYSIS TECHNIQUE AS A  
METHOD OF INDUSTRIAL RISK  
REDUCTION ON POTENTIALLY  
DANGEROUS OBJECTS OF RUSSIAN FAR  
NORTH**

*Zagidullina V. M.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, marsovnavenera@gmail.com  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Poluyan L. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The question of Markov analysis method application for assessing the industrial safety of potentially dangerous objects (PDO) exploited in regions with lower average annual temperatures in order to ensure regional industrial security of the Far North of Russia was studied.

**Key words:** industrial safety, risk analysis, Markov processes, risk methods.

## **Введение**

Каждый день человек находится в зоне потенциального риска, потому что, как гласит аксиома науки о безопасности жизнедеятельности, «любая деятельность потенциально опасна». Согласно данной аксиоме вопрос снижения рисков остается актуальным во все времена.

Промышленные риски (риски при ведении промышленной деятельности) – одни из наиболее сложно регулируемых рисков (после рисков природных катастроф). Поэтому в сфере промышленной безопасности существуют многочисленные подходы и методики к снижению техногенных рисков. Однако не всегда удается до конца точно проработать способы их снижения. Это связано с множеством различных причин, в том числе с условиями среды, в которой возникает угроза человеческой жизни. Примером среды, риск-менеджмент в которой в настоящее время является недостаточно изученным, служат регионы с пониженными среднегодовыми температурами. В России такими являются Крайний Север, Приполярная и Заполярная Арктика.

Цель работы – нахождение приемлемого инструмента анализа и оценки промышленной безопасности потенциально опасного объекта, расположенного в регионе с пониженными среднегодовыми температурами.

Обозначенная актуальность требует решения следующего ряда задач:

- анализ зарубежных и российских подходов к оценке промышленных рисков ПОО на Арктических территориях;
- обзор отечественного и зарубежного программного обеспечения;
- изучение влияния различных факторов на промышленную безопасность ПОО, функционирующего в экстремальных арктических условиях;
- разработка конструктивно-расчетного метода для оценки промышленных рисков северных ПОО;

Исследование основано на методах системного анализа, теории риска, теории вероятностей, математического моделирования и математического анализа.

Новизна работы заключается в нахождении приемлемой методики оценки промышленной безопасности ПОО нефтяной и газовой отрасли России в условиях Крайнего Севера на основе конструктивно-расчетных методов и Марковского анализа.

### **Сравнительный анализ подходов к оценке риска развития аварий на ПОО в условиях Крайнего Севера**

Обзор и анализ отечественных и зарубежных научных статей и диссертаций показал, что вопрос ведения риск-менеджмента в условиях Крайнего Севера является актуальным, но

не достаточно изученным. Подробно разбираются немногочисленные существующие подходы, которые позволяют производить расчеты для оценки промышленной безопасности северных ПОО. Результаты таких исследований порождают ряд дискуссий.

Отличительной особенностью текущего состояния исследуемого вопроса в России и за рубежом является то, что отечественная исследовательская база носит характер в основном теоретический, а зарубежная – практический. Важно признать, что и теоретические отечественные наработки, и практические зарубежные подходы одинаково важны для обеспечения корректного ведения риск-менеджмента в северных регионах России.

Подробный обзор существующих статей и публикаций отечественной и зарубежной базы позволил оценить степень изученности вопроса и сформулировать основные положения по изученной теме:

- при оценке промышленной безопасности ПОО Крайнего Севера крайне важно оперировать термином «уязвимость» [10];
- снизить величину промышленных рисков северных ПОО можно еще на стадии проектирования объекта. Для этого необходимо выполнить подбор материала по хладостойкости. Подбор осуществляется по расчету на хладостойкость в условиях снижения несущей способности рассматриваемого оборудования [9];
- предельное состояние арктических резервуаров представляет собой хрупкое разрушение (особенно это касается стенки резервуара) [7, 8];
- резервуары, эксплуатируемые в условиях Крайнего Севера, также испытывают предельные состояния в фундаментном основании ввиду своеобразного поведения северных грунтов. В связи с этим подбор материала необходимо выполнять исходя из расчета по трещиностойкости [7, 8];
- арктическая среда влияет на здоровье человека. Человеческий фактор – распространенная причина аварий и отказов на ПОО [12];
- одним из способов повышения надежности машин при низких температурах является применение конструктивно-расчетных методов [12];
- при описании стационарного состояния и полного развития аварийных ситуаций на ПОО Крайнего Севера необходимо учитывать такие факторы среды, как температура, удельное содержание влажных частиц в воздухе, пропускная (отражательная) способность поверхности земли [7, 13, 14].

В настоящее время в России отсутствует общепринятая оптимальная методика оценки и анализа промышленной безопасности ПОО в условиях пониженных среднегодовых



температур. Поэтому вопрос ведения риск-менеджмента для объектов ТЭК Крайнего Севера остаётся богатым полем для исследований.

По результатам анализа литературы удалось выделить ключевые положения теории анализа риска ПОО, которые рассматриваются в магистерской диссертации. Схема изображена на рис. 1.



Рис. 1. Схема компонентов промышленной безопасности ПОО

В связи с этим, при оценке промышленной безопасности ПОО крайне важно исследовать вопрос важности конструктивно-расчетных методов для оценки надежности и ресурса оборудования с целью обеспечения промышленной безопасности ПОО ТЭК Крайнего Севера России.

### Марковский анализ как конструктивно-расчетный метод оценки риска

Согласно ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент риска. Методы оценки риска» [3] существует множество методов количественной оценки риска. Нормативная база Ростехнадзора за последние 3 года претерпела положительные изменения. Разработано руководство «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности» [4], где упоминается, что при риск-анализе важны метод анализа «деревьев отказов», метод построения «моделей отказов» с анализом их последствий с учетом влияния методов

управления надежностью технических устройств и методов контроля показателей надежности.

С другой стороны, возрастает число диссертаций, направленных на использование исключительно математических методов прогнозирования в риск-менеджменте.

Для оценки надежности и ресурса северных ПОО предлагается применение нормативного, но редкого метода «Марковский анализ». Марковский анализ в соответствии с [1] строго применим при оценке последствий возникших рисков, а также при непосредственной идентификации риска. Этот метод относится к группе статистических [5]. Он дает возможность получения количественных выходных данных. Сложность этого метода высокая при низкой неопределенности [2].

В основе метода лежит работа с Марковскими цепями и процессами. Цепи Маркова отображают различные возможные состояния системы. При этом каждое состояние рассматривается как результат воздействия возможных событий. Переход из одного состояния в другое характеризует интенсивность перехода: частоту отказов или восстановлений.

Примером успешного применения метода Марковского анализа является работа компании «KConsult C.I.S.» [15]. С помощью Марковского анализа компания успешно проводит анализ оборудования и систем на предмет определения вероятностей наступления их определенных состояний.

Марковский анализ реализован в программном модуле Windchill Markov. На рис. 2 показано окно результата расчета в ПК Windchill Markov.

Windchill Markov предоставляет мощные аналитические возможности, не поддерживаемые другими типами анализа. Графическое представление состояний системы и скорости перехода для каждого соединения облегчены за счет средств с интуитивно понятным интерфейсом для моделирования сложных систем. Мощные возможности анализа позволяют вычислять производительность, надежность и удобство обслуживания системы в различных состояниях.

Но подобные высокотехнологические программные комплексы являются дорогостоящими, и не каждый эксперт может себе позволить его приобрести. Метод Марковского анализа сложен для ручного расчета, удобнее работать с Марковскими процессами в какой-либо программной среде. Для использования Марковского анализа при оценке надежности и ресурса оборудования была написана программа в среде MathCAD.

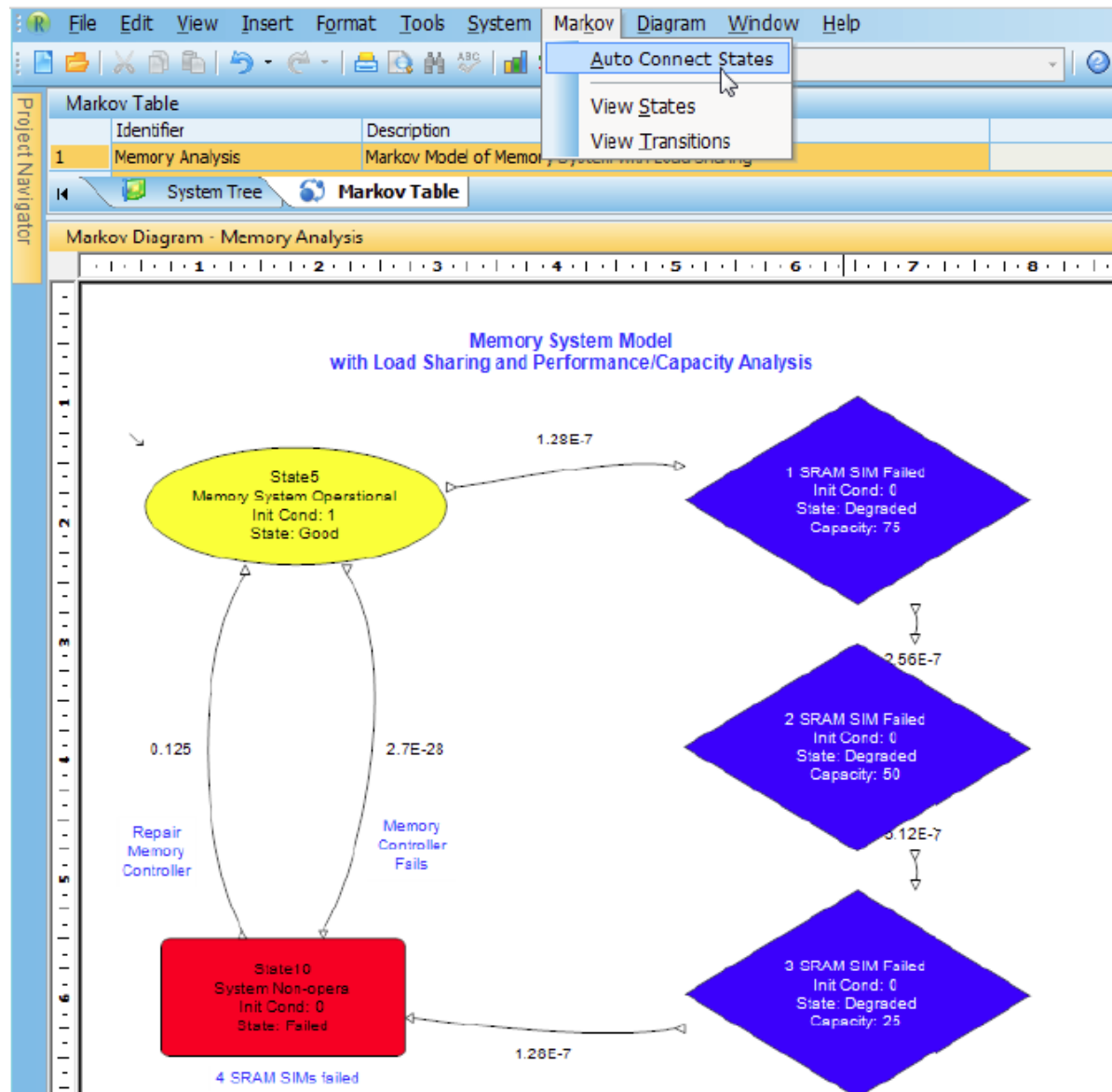


Рис. 2. Диалоговое окно программного модуля Windchill Markov

### Классическая задача из ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 [3]

Дана система, которая может находиться в трех состояниях: работоспособном, ухудшенном и неработоспособном, обозначенных как состояния  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$  соответственно. В любой момент времени система находится в одном из трех состояний. В таблице 1 приведена вероятность того, что в следующий момент времени система будет находиться в состоянии  $S_i$ , где  $i$  может быть 1, 2 или 3.

Таблица 1

Матрица Маркова

Состояние в следующий момент времени	Состояние в текущий момент времени		
	$S_1$	$S_2$	$S_3$
$S_1$	0,95	0,30	0,2
$S_2$	0,04	0,65	0,6
$S_3$	0,01	0,05	0,2

Матрицу Маркова также можно представить в графической форме, называемой графом переходов состояний [6]. Граф переходов состояний показан на рис 3.

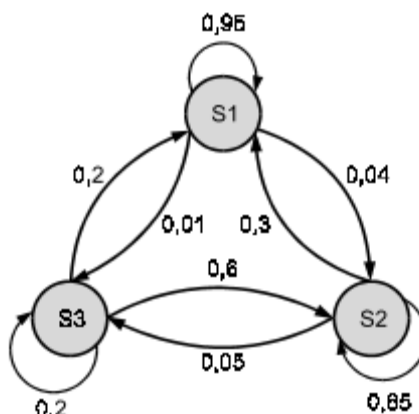


Рис. 3. Диаграмма Маркова для заданной системы

Примем, что  $P_i$  – вероятность нахождения системы в состоянии  $i$ , при  $i = 1, 2, 3$ . Тогда выполняются условия:

$$P_1 = 0,95P_1 + 0,30 P_2 + 0,20 P_3; \quad (1)$$

$$P_2 = 0.04P_1 + 0.65P_2 + 0.60P_3; \quad (2)$$

$$P_3 = 0.01P_1 + 0.05P_2 + 0.20P_3. \quad (3)$$

Для нахождения решения заменим любое их приведенных уравнений уравнением:

$$P_1 + P_2 + P_3 = 1. \quad (4)$$

На рис. 4 показано окно расчета в среде Mathcad, в котором слева – расчет по методу Гаусса, а справа – расчет по методу обратной матрицы. Результаты способов отличаются друг от друга в третьем приближении. Это связано с тем, что 1 способ расчета подразумевает решение системы линейных уравнений (СЛУ) методом Гаусса. Тем временем, второй способ связан с решением СЛУ методом обратной матрицы.

В результате, система является полностью функционирующей в течение 85 % времени, в ухудшенном состоянии в течение 13 % и в состоянии отказа в течение 2 % времени.

Для проверки результатов вычислений в среде Mathcad написано решение задачи в пакете MS Excel. Задача решена по методу Крамера. На рисунке 5 показан фрагмент окна программы Excel с решением задачи. Очевидно, что результат расчета по методу Крамера в программе Excel совпадает с результатом расчета по методу обратной матрицы в программе Mathcad.

1 способ

$$x := 1 \quad y := 2 \quad z := 3$$

given

$$x = 0.95x + 0.3y + 0.2z$$

$$y = 0.04 + 0.65y + 0.6z$$

$$x + y + z = 1$$

$$\text{Find}(x, y, z) = \begin{pmatrix} 0.854 \\ 0.134 \\ 0.012 \end{pmatrix}$$

2 способ

$$M := \begin{pmatrix} -0.05 & 0.3 & 0.2 \\ 0.04 & -0.35 & 0.6 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$b := \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\text{Isolve}(M, b) = \begin{pmatrix} 0.852 \\ 0.129 \\ 0.019 \end{pmatrix}$$

Рис. 4. Диалоговое окно расчета в среде MatCAD

1. Заполните таблицу (матрицу) переходов вероятностей (числа через "точку")									
Состояние в следующий момент времени		Состояние в текущий момент времени			$\begin{cases} a_1x + b_1y + c_1z = d_1 \\ a_2x + b_2y + c_2z = d_2 \\ a_3x + b_3y + c_3z = d_3 \end{cases}$				
		S1	S2	S3					
S1		0.95	0.3	0.2					
S2		0.04	0.65	0.6					
S3		0.01	0.05	0.2					
2. Замена одно из уравнений на уравнение ПОЛНОЙ ГРУППЫ СОБЫТИЙ:									
S1		+	S2		+	S3		=	1
3	Коэффициенты при переменных X,Y,Z			Свободный член при d		Решение системы линейных уравнений с тремя неизвестными по формулам Крамера			
	-0.05	0.3	0.2	0		$\Delta$ 0.2935			
	0.04	-0.4	0.6	0		X1= 0.851789			
	1	1	1	1		X2= 0.129472			
							X3= 0.018739		
Промежуточные данные									
<del>X</del> 1		0.25							
$\Delta$ 2		0.038							
$\Delta$ 3		0.006							

Рис. 5. Диалоговое окно расчета в среде MS Excel

Таким образом, доказано, что решение задач об оценке надежности и ресурса оборудования на ПОО методом Марковского анализа не является трудновыполнимым, т.к. метод адаптирован для работы в различных программных комплексах.

Разработанные в пакетах Excel и Matcad методики расчета прошли ручную проверку, являются корректными и пригодными для дальнейшего применения.

### Заключение

В статье изучен вопрос применимости метода Марковского анализа для оценки надежности и ресурса оборудования при оценке промышленной безопасности ПОО ТЭК России, эксплуатируемых в условиях Крайнего Севера.

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

- изучены и систематизированы отечественные и зарубежные подходы к оценке промышленной безопасности ПОО, эксплуатируемых в регионах с пониженными среднегодовыми температурами;
- выполнен анализ действующих нормативных документов в области проектирования и эксплуатации резервуарных парков;
- разработана методика оценки надежности и ресурса оборудования с применением метода Марковского анализа в программных средах Excel и MathCAD;
- листинг программы в среде MathCAD и среде MS Excel можно применять при решении задач по оценке надежности и ресурса различного оборудования или его составляющих при комплексной или частичной оценке промышленной безопасности потенциально опасного объекта методом Марковского анализа.

Работа имеет значимость в профессиональной науке и практике, в социальной сфере. Результаты могут использоваться для разработки разделов проектной документации на строительство арктических критичных инфраструктур, разработку деклараций промышленной безопасности таких объектов.

Исследование, проведенное в ходе работы, подтверждает не только необходимость, но и возможность обеспечения защищенности и сохранения уникальной среды обитания, самобытного уклада и здоровья северных народов, северного ландшафта.

### Библиографический список

1. ГОСТ Р 51901.5-2005 (МЭК 60300-3-1:2003). Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности (с Поправкой). М.: Стандартинформ, 2005. – 48с.
2. ГОСТ Р 51901.15-2005 (МЭК 61165:1995). Менеджмент риска. Применение марковских методов. М.: Стандартинформ, 2005. – 20с.
3. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. М.: Стандартинформ, 2012. – 69с.
4. Руководство по безопасности «Методика оценки риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности». Серия 09. Выпуск 38 / Колл. авт. — М.: Закрытое акционерное общество «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности», 2014. — 44 с.
5. Дискретные цепи Маркова и их применение в экономике: методические указания к практическому занятию по дисциплине «Математика» / Сост. С. В. Мягкова, Е. В. Морозова. Волгоград. гос. техн. ун-т. – Волгоград, 2011. – 15 с.

6. Загидуллина В.М. Применение марковских процессов для оценки надежности оборудования на опасном производственном объекте (ОПО) в условиях Крайнего Севера // Сборник статей по результатам VI Международной научной конференции «Техноконгресс», 30 декабря 2016 г. — Кемерово, 2016. — С. 30-33.
7. Захарова М.И. Анализ и оценка риска аварий резервуаров и газопроводов при низких температурах: диссертация ... кандидата технических наук: 05.26.03. — Якутск, 2015. — 140 с.
8. Захарова, М.И. Идентификация опасностей на резервуарах, работающих в условиях низких температур / М.И. Захарова, А.М. Большаков // Материалы Всероссийской научно - практической конференции «Сварка и безопасность», в 2 т. — Якутск. — 2012. — Т. 1. - С. 190-197.
9. Рахманин А.И. Обеспечение безопасности резервуаров для хранения сжиженного природного газа с учетом негативных эксплуатационных факторов: диссертация ... кандидата технических наук: 05.26.02. — Москва, 2014. — 137 с.
10. Сосунов И.В., Посохов Н.Н., Горбунов С.В. Оценка техногенной безопасности при разработке газоконденсатных месторождений в условиях Арктики // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. -Москва, 2013. - №1 (4). - С. 81-91.
11. Федин С.С., Красюк К.А., Трищ Р.М. Марковская модель прогнозирования параметрической надежности измерительно-вычислительных комплексов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — Москва, 2009. — № 6(38). — С.22-26.
12. Эверестова В.М. Обеспечение безопасности эксплуатации промышленного оборудования в условиях Крайнего Севера: выпускная квалификационная работа бакалавра: 20.03.01. — СПб., 2015. — 109 с.
13. G.Keshavarz, F.Khan, K.Hawboldt. Modeling of pool fires in cold regions // Fire Safety Journal. — Amsterdam, 2012. — №48. — P. 1–10.
14. G.Keshavarz. Fire and explosion consequence modeling in Arctic region: a thesis...Master of Engineering. — Newfoundland, 2011. — 134 P.
15. URL: <http://www.kconsult-cis.ru/markov-analysis.html> (дата обращения – 24.04.2017).

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

## **ПРИНЦИПЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПРЕСТУПЛЕНИЙ В ЗАЩИТЕ КРИТИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ**

*Полянцева Е. Р.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия, notneb@ya.ru

**Аннотация.** Статья посвящена рассмотрению планировочной организации зданий с высокими требованиями к обеспечению безопасности, которая обеспечивается путем пространственной дифференциации. Для таких объектов характерны строгий контроль граждан и ограничение связей с внешней средой, что отражается в подходе к проектированию. В статье исследуются взаимосвязи архитектурно-пространственных моделей с системой социальных норм и ограничений, в свою очередь определяющие подход к проектированию безопасных зданий и комплексов, а также их базовый структурный тип. Особенностью является то, что предлагаемые в статье подходы опираются на взаимосвязь пространственной и социальной компоненты.

**Ключевые слова:** контроль доступа, наблюдение, предотвращение преступлений, критическая инфраструктура, оценка уязвимостей и рисков.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **CRIME PREVENTION PRINCIPLES AND CRITICAL INFRASTRUCTURE PROTECTION**

*Polyantseva E. R.*

Ural State University of Architecture and Art, Ekaterinburg, Russia,  
notneb@ya.ru

**Abstract.** Safety and protection against crime are significant requirements producing now to particular facilities and city environment as a whole. Proposed study seems to be relevant because of increased number of terroristic acts, thefts, vandalism and other criminal threats. Search of architectural methods of protection against crime is important to subsequent elaboration of our building laws and creation of safe habitat places. The prominent questions for architects working with this structures are absence of inconvenient crossings, easement of orientation, and at the same time restricted access to some ancillary rooms and prominent zones and their security. However, it is one of many security issues, that can be solved by architect. In order to look at safety task as a whole we should take into account following aspects: landscaping, building environment and infrastructure, architecture of building itself, engineering, human behavior, sociocultural environment.

**Key words:** access control, natural surveillance, crime prevention, critical infrastructure protection, assessment, threats and risks.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## **Введение**

Имеется связь между физическим окружением людей и их поведением. Архитектура как форма организации пространства может оказывать влияние на поведение людей, их восприятие и последующие действия, указывая на допустимые действия и сдерживая нежелательные. Архитектор, таким образом, имеет достаточные возможности и средства для выбора наиболее устойчивых и безопасных решений. Защита критической инфраструктуры в этом случае будет иметь те же общие принципы и основную программу действий, как и для гражданских зданий и сооружений.

Инфраструктурные сооружения, такие, как очистные сооружения, электростанции, газопроводы и сети связи является наиболее реальным показателем экономического потенциала. В то же время она подвержена потенциальным угрозам с разрушительными последствиями для жизни людей и экономики государства. Большинство правительств рассматривают критическую инфраструктуру как те активы, услуги и системы, которые поддерживают экономическую, политическую и социальную жизнь страны. Её важность такова, что любая полная или частичная потеря или разрушение вызывают крупномасштабные человеческие жертвы, имеют серьезное влияние на национальную экономику и другие серьезные социальные последствия для сообщества.

### **Теория предотвращения преступлений средствами архитектуры и дизайна среды**

Предотвращение преступлений с помощью дизайна среды – теория в средовой криминологии, базирующаяся на предположении о том, что соответствующий дизайн среды и архитектурное окружение могут улучшить качество жизни, уменьшая количество преступлений и чувство страха и боязни преступлений у людей. Она возникла в середине прошлого века. Первым получившим широкую известность исследованием стала работа социологов Чикагского Университета, которые рассматривали социальную дезорганизацию или недостаток общественного контроля в отдельных зонах внутри города, создающих высокую преступность. Она возростала концентрически вдали от центрального делового района. В этом случае они отклонили принципы ранней криминологической теории, которая фокусировалась на индивидуальных характеристиках как основных факторах преступления [2, с.53]. После них журналист и исследователь городской среды Джейн Джекобс развивала принцип «взгляда на улицу». Её работа «Жизнь и смерть больших американских городов» дала проектировщикам и полицейским понимание принципа «взгляда на улицу» как средства в борьбе с преступлениями [1].

Архитектор О. Ньюман в работе «Защищаемое пространство» ввел принципы территориальности, естественного (неформального) наблюдения, и модификации

существующих структур для эффективного сокращения преступности, приводя тот довод, что материальная составляющая жилой среды может вызвать у людей поведение, непосредственным образом содействующее их безопасности. Формы зданий и их группировка могут позволять жильцам взять на себя важную функцию самоконтроля. Главная функция защитимого пространства – реализовать скрытые возможности, имеющиеся у жильцов, которые позволяют им выбрать образ действий, позволяющий им защитить их права и собственность. Защитимое пространство – это термин, подразумевающий ряд механизмов, настоящих и символических барьеров, строго определяющих зону влияния и улучшающих возможности наблюдения, которые сочетаются, чтобы держать определенную область под контролем её жильцов и посетителей [8].

Дальнейшее развитие теории в 1980-х гг. происходило диверсифицировано; появлялись отдельные концепции и подходы, такие, как, Средовая криминология, Ситуативное предупреждение преступлений, Теория разбитых окон и т.д. В позднейшей литературе, относящейся к 1990–2000 гг., исследователи указывают на важность не только свойств архитектурной среды, но и человеческого фактора, призывая учитывать особенности населения и работу с ним.

Теория ситуативного предотвращения преступлений, развиваемая британскими криминологами Р. Кларком и П. Мэйхью, говорит о сдерживании преступности путём улучшения дизайна окружающей среды и управления территорией [4]. Она учитывает важность индивидуального подхода к защите отдельных архитектурных объектов. Ситуативное предупреждение состоит из мер по уменьшению возможностей преступника действовать в архитектурном объекте, направленных на строго определенные виды преступлений. Оно включает в себя управление, проектирование, или манипуляции с непосредственной окружающей средой, как постоянный и систематический путь уменьшить таким образом риски и попытки совершения преступлений. В числе стратегий ситуативного предупреждения можно назвать увеличение усилий по совершению преступлений, увеличение рисков, реальных и воспринимаемых, у нарушителя, уменьшение выгод и провокаций к совершению преступлений, исключение оправданий преступника.

Несмотря на множественность концепций, входящих в состав теории предотвращения преступлений с помощью архитектуры и дизайна среды, все они в той или иной форме указывают на одни и те же принципы создания безопасных архитектурных объектов:

- охранное зонирование;
- пространственное структурирование;
- естественное наблюдение;
- естественный контроль доступа;

– создание визуального впечатления надежности и укрепленности.

Эти принципы ведут к одной основной цели: сделать пространство архитектурного объекта более защищенным и безопасным для людей. Предотвращение преступлений средствами архитектуры и дизайна среды может стать эффективной методологией для выявления активов, рисков, уязвимостей и угроз в отношении критической инфраструктуры и полезной защитной стратегией. Теория принимает во внимание изначальное проектировочное или последующее назначение среды здания. Это практика, которая отличается от подхода к предотвращению преступлений с помощью традиционного точечного усиления при помощи установки защитных систем видеонаблюдения, сигнализации, электронного доступа, решеток и замков. Традиционное укрепление критических точек, или «создание крепости» базируется в основном на недопущении доступа к мишени преступления с помощью физических или искусственных барьерных техник, таких, как замки, сигнализации, ограды и ворота.

Теория включает в себя проектирование материального пространства, естественное и предполагаемое использование этого пространства и предсказуемое поведение предполагаемых пользователей зоны, а также потенциальных нарушителей.

### **Оценка и анализ рисков**

Риск – это возможность потери или нанесения ущерба активу. Риск основывается на вероятности или возможности реализации опасности и последствий возникновения.

Чтобы сформулировать программу защиты, в первую очередь необходимо выполнить каждую стадию процесса оценки рисков. Чтобы оценить уровень защиты, необходимый для отдельного места, необходимо принять во внимание следующие факторы [9].

1. Тип инфраструктуры
2. Привлекательность для преступников с точки зрения материалов и энергии, возможной важной информации
3. Возможные пути побега и удаления украденных вещей и данных (они могут быть не такими же, как пути входа)
4. Легкость доступа с улиц, открытых областей, приближенных крыш, верхних и нижних этажей, окружающих помещение, если оно не единственное, и из расположенных рядом помещений
5. Уровень защиты, присущий помещению в связи с его конструкцией
6. Уязвимость, связанная с местной направленностью преступлений

7. Наблюдение, обеспечивающееся как естественной активностью людей, так и полицейским патрулированием участка, а также патрулированием охраной помещений и их окружения.

В дополнение к этому, Грасси предоставляет дополнительные советы, перечисленные ниже [7]:

- определение сферы и стоимости потенциальных потерь: анализ рисков сосредотачивается на определении рамок и потенциальной стоимости потерь, так что организации могут применять как применять критерии принятия решений по рискам, чтобы обеспечить особый уровень защиты активов, так и искать других средств компенсации рисков;
- категоризация влияния и вероятности наступления случаев угроз: на этом этапе вовлекается проектировщик, категорирующий влияние и вероятность наступления каждого из случаев риска;
- вероятность наступления случаев ущерба: категоризируется от несомненного, высоко вероятного, умеренно вероятного, вероятного и невероятного с точки зрения наступления;
- реакция охраны: как уже было определено, проектировщики должны принимать во внимание учрежденные организацией критерии управления рисками, такие, как принятие потенциального ущерба, его избегание, рассеивание, удаление при помощи подстраховки, перенос рисков, уменьшения риска передвижением или приобретение резервных активов и устранение риска при помощи защитных контрмер;
- определение уровня защиты: в итоге проектировщик завершает с несомненными угрозами активам, которые должны управляться средствами иными, чем компенсации и перенесение. Здесь проектировщик определяет приемлемый уровень защиты для каждого актива, находящегося под угрозой, и начинает создавать программу по защите, реагирующую на потребности в защите каждого отдельного актива. На этой стадии он категорирует активы и группы активов по уровням защиты, таким, как высокий, очень высокий, умеренный, низкий и очень низкий. Этот критерий потом становится основой для определения требований по защите активов и выбора контрмер.

Результаты анализа потом могут быть использованы, чтобы распределять ресурсы на все типы происшествий, которые могут произойти и/или наиболее разрушительны.

Уязвимость – это то, что может дать преимущество в осуществлении угрозы. Уязвимости здания могут быть в его планировке и конструкциях, технологических системах или действиях (например, защитные действия и практики, административные и управленческие действия). Несмотря на то, что это в основном субъективный процесс, анализ уязвимости указывает, какие специфические слабости могут пригласить и позволить выполнение угрозы.

Департамент правосудия Соединенных Штатов использует предметный подход в определении уязвимостей здания или места. Факторы включают в себя следующие.

1. Уровень видимости. Какова воспринимаемая осведомленность о существовании мишени и видимость мишени основной массе людей, или террористам в частности?
2. Ценность активов заданного места. Какова полезность участка для населения, сообщества, экономики, учреждений или организаций?
3. Ценность мишени для потенциального элемента угрозы или агрессора. Является ли мишень конечной или служит средством для агрессоров, идентифицированных во время оценки угроз?
4. Доступность мишени для агрессора. Имеет ли он средства и возможности получить доступ к определенным активам?
5. Целевая опасность угрозы. Присутствуют ли опасные материалы в количествах, которые могут быть опасны при реализации угроз? Каковы проблемы для здания в случае реализации угроз?
6. Вместимость участка. Каково максимальное число людей в здании или на месте в данное время? Каковы максимальные потери жизней в случае реализации худшего из сценариев?
7. Возможности побочного ущерба. Каковы потенциальные потери жизни и собственности в радиусе мили от заданного места [10]?

Проектировщики систем безопасности должны предвидеть угрозы, идентифицировать уязвимости и оценивать риски. Затем они должны предупреждать худший возможный сценарий и в конечном счете взвесить издержки всех контрмер по сравнению с воспринимаемыми затратами и выгодами или уменьшением потенциальных потерь. Определение стоимости и эффективности защитных мер и их интеграция – это результат структурированного процесса принятия решений, начинающегося с анализа вероятных рисков, который принимает во внимание индивидуальный и коллективный вклад каждой стратегии защиты активов в соответствии с требованиями целой системы. Проектирование интегрированной системы безопасности начинается с представления о том, что есть некие активы под угрозой, а также требования по контролю за персоналом и учреждениями, которые должны выполняться, чтобы защищать бизнес или организацию.

### **Использование средств обеспечения безопасности на объектах**

Стандарты в данном случае разбиты на три уровня: наружное расположение и участок здания, само здание и внутренняя организация.

На уровне размещения на участке стандарты рекомендуют:

- сократить потенциальные места укрытия возле здания;
- обеспечить ничем не нарушенный обзор вокруг;
- размещать учреждение с видом на другие посещаемые учреждения;
- размещать хранящиеся активы на участке, но вне здания, с видом из используемых в здании помещений;
- минимизировать указания и обозначение расположения активов на участке;
- обеспечить минимум 30 м, отделяющих учреждение от границ участка, если возможно;
- избегать скоростных улиц, расположенных перпендикулярно зданию;
- минимизировать число точек доступа на транспорте;
- ликвидировать или строго контролировать парковку под зданием;
- размещать парковку так далеко от здания, как возможно, с видом на неё из помещений в здании;
- освещать фасад здания и места расположения активов;
- охранять доступ к силовым/электростанциям, газохранилищам, водоснабжению, электрическим и телефонным сервисам;
- предусматривать пространство для размещения оборудования и систем: резервного электропитания, датчиков проникновения, движения и пересечения границы, систем контроля доступа, детекторов взрывных веществ, систем учета и идентификации персонала.

На уровне здания стандарты рекомендуют:

- применять концепцию слоев безопасности;
- размещать активы в пространствах, используемых 24 часа в день;
- размещать места активности с большим количеством посетителей дальше от защищаемых активов, где это возможно;
- размещать подлежащие защите активы в общественных зонах, где они доступны наблюдению более чем одного человека;
- размещать деятельность высокой степени риска, такую, как комната приема почты, на периметре учреждения.

На уровне внутренней охраны здания стандарты рекомендуют:

- системы идентификации служащих и посетителей;
- охранять вспомогательные помещения и уязвимые бытовые помещения;
- разрабатывать эвакуационный план, стратегию и процедуры;
- размещать, где необходимо, точки сканирования оружия, мелких хищений и идентификации;



- безопасные и контролируемые зоны доставки и отправки, оборудованные контролем доступа, видеонаблюдением, внутренней селекторной связью, регистрацией данных и возможностью отчета [5,6,10].

### Заключение

Перед профессионалами в области проектирования и безопасности стоит задача защитить критическую инфраструктуру и обеспечить планирование непрерывности бизнеса. Защита критической инфраструктуры требует, чтобы область проектирования включала в себя безопасность во всех аспектах. Результатом процесса оценки рисков будет набор рекомендованных контрмер, которые могут быть оценены и представлены собственнику в порядке приоритета, таким образом, чтобы выбор, сделанный из этих рекомендаций, был благоразумным и выгодным. В случае национальных стандартов, оценка заключается в присвоении определенного уровня защиты с определенными контрмерами. Когда он определен, меры оцениваются и собственник вновь может выбирать предпочтительные меры в зависимости от разумного уровня защиты и критерия стоимости-эффективности меры.

### Библиографический список

1. Джекобс Д. Смерть и жизнь больших американских городов [Текст] /Джейн Джекобс. – М.:Новое издательство, 2011. – 460 с.
2. Atlas R.I. 21st Century Security and CPTED: Designing for Critical Infrastructure Protection and Crime Prevention [Text] / Randall I. Atlas. – LosAngeles: CRC Press, Taylor and Francis Group, 2008.
3. Atlas, R. Security Design Concepts. Security Planning and Design: A Guide for Architecture and Building Design Professionals [Text] / Randall I. Atlas. – Washington, DC: American Institute of Architects, Wiley, 2004.
4. Clarke, R.V. Situational crime prevention: Its theoretical basis and practical scope [Text] / M. Tonry, N. Morris // Crime and Justice: An Annual Review of Research. – Chicago: University of Chicago Press, 1983.
5. FEMA 426. Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks against Buildings. Risk Management Series [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://wbdg.org/ccb/DHS/ARCHIVES/fema426\\_2003.pdf](https://wbdg.org/ccb/DHS/ARCHIVES/fema426_2003.pdf)
6. FEMA 427. Primer for Design of Commercial Buildings to Mitigate Terrorist Attacks. Federal Emergency Management Agency [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fema.gov/media-library-data/20130726-1455-20490-6114/fema427.pdf>
7. Grassie, R. Chapter 4: Security Risk Analysis. Reducing Risk in Buildings/ R. Grassie. – MA: Techmark, 2004.
8. Newman O. Defensible Space: Crime Prevention through Urban Design [Электронный ресурс] / Oscar Newman. – New York: Macmillan, 1972. – Режим доступа: <http://www.defensiblespace.com/book.htm>
9. UFC 4-010-01. Unified Facilities Criteria (UFC)/Department of Defense Minimum Antiterrorism Standards for Building [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc\\_4\\_010\\_01.pdf](https://www.wbdg.org/ccb/DOD/UFC/ufc_4_010_01.pdf)
10. Vulnerability Assessment of Federal Facilities/U.S. Department of Justice [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ncjrs.gov/pdffiles1/digitization/156412ncjrs.pdf>.



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **УСТОЙЧИВОСТЬ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ К ДИНАМИЧЕСКИМ ВОЗДЕЙСТВИЯМ**

*Прищепа О. С.*

Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина, г. Снежинск, Россия

*Караваев А. В.*

Российский Федеральный Ядерный Центр – Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е. И. Забабахина, г. Снежинск, Россия

*Бушинская А.В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, bushinskaya@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Тимашев С.А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, timashevs@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В процессе проектирования высотных зданий и сооружений необходимо обоснованно выбирать правильные конструктивные решения для обеспечения устойчивости проектируемого здания к различным динамическим нагрузкам, включая возможное взрывное воздействие. В настоящей работе продемонстрированы общие подходы к исследованию устойчивости высотного железобетонного здания на примере реального пятидесятидвухэтажного здания "Исеть",

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

расположенного в г. Екатеринбурге. Рассматриваются различные способы выбора критериев разрушения несущих элементов конструкции и собственно железобетона. В работе представлены результаты численного моделирования, выполненного с помощью конечно-элементного пакета LS-DYNA, реалистичного сценария взрывного нагружения башни "Исеть", подтверждающие ее устойчивость к подобному воздействию.

**Ключевые слова:** высотные сооружения, динамическое воздействие, железобетон, устойчивость, LS-DYNA.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **RESILIENCE OF HIGH-RISE RC BUILDINGS TO DYNAMIC IMPACTS**

*Prishchepa O. S.*

Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin Institute of Technical Physics,  
Snezhinsk, Russia  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Karavaev A. V.*

Russian Federal Nuclear Center – Zababakhin Institute of Technical Physics,  
Snezhinsk, Russia.

*Bushinskaya A. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, bushinskaya@gmail.com  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Timashev S. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, timashevs@gmail.com  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** During design of a high-rise building it is very important to adopt the correct constructive decisions to provide a resilience of the building to dynamic loadings including possible explosions. In the present work we demonstrate a general approach to the investigation of a resilience of high-rise solid reinforced concrete building using an example of real-life fifty-two-storied building Iset' located in Yekaterinburg, Russia. Possible ways of the choice of criteria for the destruction of load bearing elements of a structure and reinforced concrete material in general are discussed. Numerical simulations using LS-DYNA of a realistic explosive loading scenario of the Iset' tower confirming its resilience to such type of impacts is presented.

**Key words:** resilience, high-rise buildings, dynamic impacts, reinforced concrete, LS-DYNA.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## 1. Введение

Современный процесс урбанизации и быстрый рост больших городов естественно привел к тому, что в современном городском планировании сложилась тенденция увеличения плотности городской застройки и роста числа высотных зданий [1]. В последние несколько десятилетий по всему миру, включая Россию, произошел ряд событий, связанных с взрывами гражданских зданий и сооружений. Высотные здания в плотной городской застройке с большим количеством мирных граждан в них являются привлекательными целями для террористических атак. Безопасность граждан при экстремальных воздействиях на здания, включая нагружение взрывной ударной волной должна быть обеспечена не только с помощью всеобъемлющих охранных мероприятий, призванных предотвратить подобные события, но также использованием специальных конструкторских решений. Такие конструкторские решения должны быть приняты на этапе проектирования и обеспечивать устойчивость высотного здания к прогрессирующему разрушению в случае воздействия на него динамических нагрузок, вызванных взрывом.

Особенностью взрывного нагружения, отличающего его, например, от землетрясений и ветровых нагрузок, является его локальность. Однако, возникающая в результате взрыва ударная воздушная волна (УВВ) может вызвать в элементах конструкции напряжения и деформации, во много раз превосходящие проектные значения. Кроме того, во время нагружения УВВ от взрыва несущие элементы конструкции могут испытывать кратковременные нехарактерные нагрузки. К примеру, элементы, которые в обычных статических условиях работают на сжатие, в момент взрывного нагружения могут растягиваться. Взрывы мощных взрывчатых веществ (ВВ) с выраженным фугасным действием могут вызвать значительные нелокальные повреждения конструкции, вызванные распространением УВВ. Однако, даже в случае относительно слабых взрывов возможна ситуация, при которой УВВ может повредить ключевые несущие элементы конструкции, что в свою очередь повлечет за собой прогрессирующее разрушение всего здания. Из-за большого количества возможных сценариев взрывного нагружения, естественных вариаций в свойствах используемых конструкционных материалов, разнообразия силовых элементов конструкции, различий в качестве строительства и т.п. систематическое исследование влияния взрывных нагрузок на конкретное здание возможно только в рамках вероятностного подхода. В рамках такого подхода необходимо выявить критические параметры и ключевые несущие элементы, определяющие устойчивость здания к подобным экстремальным нагрузкам.

Очевидно, что невозможно выполнить полномасштабные экспериментальные исследования устойчивости высотного здания к взрывным нагрузениям. Поэтому экспериментальная база такого исследования ограничена и может основываться на экспериментах по изучению влияния УВВ на основные элементы конструкции, такие как несущие колонны, балки, перекрытия, стены. В связи с этим, эффективное проектирование высотных зданий, устойчивых в взрывному нагружению, невозможно без всеобъемлющего расчетного обоснования и численного моделирования различных аспектов конструкции с использованием современных пакетов конечно-элементного анализа.

В настоящей работе представлено исследование устойчивости высотного здания к взрывному нагружению на примере реального пятидесятидвухэтажного железобетонного здания – башня "Исеть", расположенного в г. Екатеринбурге. Конечно-элементная модель башни была любезно предоставлена авторам сотрудниками строительного института УрФУ [2], [3] (рис. 1).



Рис. 1. Фотография пятидесятидвухэтажного железобетонного здания с многоуровневой подземной парковкой – башня «Исеть», расположенного в г. Екатеринбурге (слева) и его конечно-элементная модель для моделирования в пакете LS-DYNA (справа) любезно предоставленная авторам сотрудниками строительного института УрФУ [2], [3]. Конечно-элементная модель состоит из ~ 5,5 тысяч балочных и ~ 165 тысяч оболочечных конечных элементов

Численное моделирование было выполнено в пакете LS-DYNA [4], как в одном из наиболее эффективных пакетов конечно-элементного (КЭ) анализа, который позволяет проводить численное моделирование различных динамических явлений, включая взрывы. Использование в качестве объекта исследования реального здания продиктовано желанием

авторов получить простые в интерпретации результаты, имеющие отношение к реальности и практическую пользу.

## 2. Модель для конечно-элементного анализа

Одним из наиболее эффективных и широко используемых коммерческих пакетов КЭ анализа является LS-DYNA [4]. LS-DYNA предоставляет пользователям возможность моделирования широко спектра процессов динамического нагружения сложных инженерных конструкций, включая воздействие взрывных нагрузок на высотные здания. Выбор способа решения систем уравнений метода КЭ анализа, степень детализации моделируемой системы, и использование различных моделей материалов позволяют выполнять численное моделирование динамического нагружения на различных уровнях описания явления. Можно выделить несколько сложившихся общих подходов к изучению с помощью численного моделирования проблемы устойчивости высотных зданий к динамическим нагрузкам, вызванных взрывами.

Первый подход исследует влияние взрывов на основные элементы конструкции. Несущая железобетонная колонна моделируется с помощью объемных конечных элементов, представляющих бетон, с внедренными в них балочными конечными элементами, имитирующими армирование стальными стержнями. В таком подходе возможно детальное исследование влияния взрывного нагружения на ключевые элементы конструкции с учетом их реальных особенностей, таких как их реальная геометрия, анизотропность и гетерогенность свойств. Основываясь на результатах такого моделирования можно выработать критерии фатального разрушения ключевых элементов конструкции при воздействии взрывных нагрузок [5–7].

В рамках второго подхода предполагается моделирование всей полномасштабной конструкции здания с использованием сочетания объемных конечных элементов для моделирования бетона и внедренных в них балочных конечных элементов, представляющих стальное армирование. Несмотря на то, что данный подход является наиболее физически обоснованным, на практике моделирование высотных зданий и протяженных конструкций в рамках такого подхода требует настолько большого количества конечных элементов в модели, что время проведения расчетов становится неприемлемым.

В рамках третьего подхода, как и второго, предполагается проведение численного моделирования для всей полномасштабной модели здания, однако в несколько упрощенной форме. Количество моделируемых конечных элементов и как следствие вычислительную стоимость моделирования можно значительно сократить за счет использования вместо объемных - оболочечных и балочных КЭ. В этом случае свойства железобетона,

учитываются опосредованно за счет использования специально разработанных моделей материалов. В LS-DYNA существуют различные модели железобетона, которые были разработаны специально для использования с балочными и оболочечными конечными элементами и позволяют эффективно моделировать железобетон с различными свойствами и различной степенью армирования. Еще одна особенность такого подхода заключается в том, что балочные КЭ не имеют физической поверхности, которая могла бы воспринимать давление UBB при моделировании. Следовательно, при моделировании необходимо отслеживать превышение деформациями балочных КЭ критериев разрушения и "уничтожать" их при моделировании "вручную".

### 3. Свойства материалов

Башня "Исеть" – пятидесятидвухэтажное каркасно-монолитное железобетонное здание с многоуровневой подземной парковкой. Для настоящего исследования используется модель материала \*MAT\_CONCRETE\_EC2 [4], разработанная специально для моделирования поведения железобетонных конструкций с помощью балочных и оболочечных КЭ. Параметризация модели материала в LS-DYNA разработана так, чтобы естественным образом задавать параметры бетона в соответствии с Европейским стандартом проектирования бетонных конструкций “Eurocode 2: Design of Concrete Structures” [8].

При проектировании эксклюзивных высотных зданий составы бетонов и структура армирования являются коммерческой тайной разработчиков. Примем: для моделирования несущих колонн бетон класса В45, для моделирования перекрытий – класс В25. Основные параметры железобетона, используемые при моделировании, представлены в табл. 1. При моделировании мы также использовали карту \*MAT\_ADD\_EROSION [4] для учета возникающего при взрывном нагружении необратимого разрушения бетона. Эта модель разрушения материала основана на том, что элементы, в которых деформации/напряжения превышают некоторые критические значения, удаляются из моделируемой системы.

Таблица 1

**Основные параметры материала железобетона**

Класс бетона (элементы)	Плотность (кг/м <sup>3</sup> )	Прочность на сжатие (МПа)	Прочность на растяжение (МПа)	Модуль упругости арматуры (МПа)	Предел прочности арматуры (МПа)	Степень армирования	
						Ось x (%)	Ось y (%)
В25 (плиты)	$2,15 \times 10^3$	32,7	1,6	$2 \times 10^5$	450	1,5	1,6
В45 (колонны и балки)	$2,00 \times 10^3$	58,9	2,2	$2 \times 10^5$	450	1,5	1,6

Прочность железобетонных конструктивных элементов при воздействии статических и динамических нагрузок определяется большим количеством факторов. Прочность железобетона зависит от характера нагружения (изгиб, сжатие, растяжение) и



характерного времени действия нагрузки. При динамическом нагружении со скоростями деформации, превышающими  $10^3 \text{ с}^{-1}$ , прочность бетона значительно возрастает. В [9] показано, что в квазистатических условиях критическая деформация растяжения составляет  $\sim 2 \times 10^{-4}$ . В экспериментах с динамическим нагружением УВВ со скоростями деформации  $10^2 - 10^4 \text{ с}^{-1}$  критическая деформация растяжения достигает  $\sim 1 \times 10^{-2}$ .

#### 4. Прочность несущих колонн

Выработка критериев необратимого разрушения несущих колонн возможна с помощью моделирующих экспериментов с последующей численной верификацией [10], с использованием конечно-элементного моделирования с учётом реальных геометрии колонн и структуры армирования [11, 12], а также аналитически. Одной из достаточно эффективных мер для защиты здания от неприемлемого взрывного нагружения является организация вокруг здания защитного периметра для предотвращения несанкционированного проникновения различных носителей ВВ, которые при взрыве ближе некоторой безопасной дистанции могут нанести непоправимый вред основным несущим элементам конструкции. На основе многочисленных экспериментов и моделирования была получена зависимость безопасного расстояния от величины заряда в тротиловом эквиваленте [13, 14] (табл. 2).

Таблица 2

Безопасные расстояния для зарядов ВВ различной массы [14], [15]

Носитель заряда			
Масса ВВ в тротиловом эквиваленте (кг)	30	600	2000
Безопасная дистанция (м)	3	8	20

В случае башни "Исеть" в непосредственной близости от въезда на подземную парковку расположены несущие колонны (рис. 2). Рассмотрим колонну с поперечными размерами  $1,2 \times 2 \text{ м}$  под воздействием сферической ударной волны от точечного взрыва. Полное разрушение железобетонных колонн (то есть "выбивание" всего бетона и разрыв всех армирующих стержней) при таких размерах сложно реализуемая ситуация. Однако, это и не нужно для того, чтобы колонна потеряла свою несущую способность. Достаточно "выбивания" бетона из колонны только на некоторой длине, при этом стальное армирование потеряет устойчивость под воздействием наседающего веса конструкции  $P$ .

Согласно теории устойчивости Эйлера можно определить минимальную длину  $l_b$  "выбивания" бетона, при которой произойдёт потеря устойчивости армирования под действием веса  $P$  (рис. 3) как





Рис. 2. Въезд на территорию подземной парковки - место возможного подъезда фургона, перевозящего ВВ. При данном расположении ВВ весом 1600 кг тротила две несущие колонны получают критические повреждения и потеряют свою несущую способность

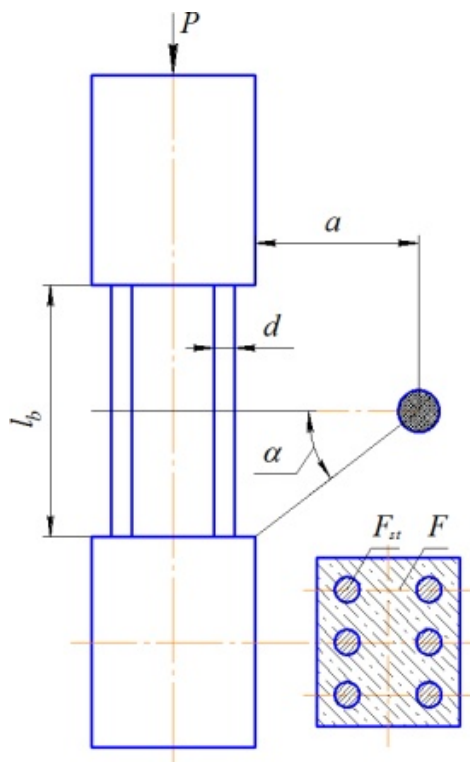


Рис. 3. После взрыва заряда на расстоянии  $a$  бетон оказывается "выбит" из колонны на длине  $l_b$ , после чего армирование теряет устойчивость под воздействием наседающего веса конструкции  $P$

$$l_b = \frac{\pi d}{2} \sqrt{\frac{E_r \mu_r}{\sigma}}, \quad (1)$$

где  $E_r$  – модуль упругости армирующих стержней,  $d$  – их диаметр,  $\mu_r$  – степень армирования, и  $\sigma$  напряжение в колонне от действия наседающего веса конструкции перед взрывом. Зная

критическую длину "выбитого" бетона и расстояние до точки взрыва а можно определить требуемую для разрушения колонн массу ВВ [15] как

$$m = (1 + 2,6\mu_r) \sqrt{1 + 50\sqrt{\mu_r}} \frac{\sigma_{pr}}{A_0 \sqrt{E/\rho}} \frac{ha^2}{\cos^4 \alpha} \quad (2)$$

где  $E$  и  $\rho$  – модуль упругости и плотность бетона,  $A_0 = 410$  м/с – скорость распространения УВВ,  $h = 1,2$  м – ширина колонны, и  $\sigma_{pr}$  – предел прочности при сжатии. Используя соотношения (1) и (2) можно найти зависимость массы заряда ВВ, необходимой для разрушения колонны, от расстояния до точки взрыва (рис. 4).

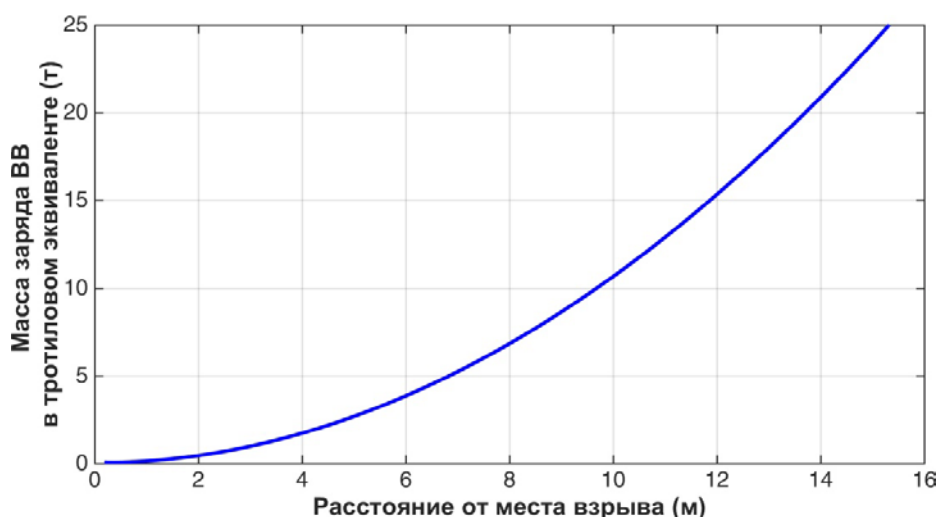


Рис. 4. Зависимость массы ВВ, достаточной для критического разрушения колонны шириной 1,2 м от расстояния до места взрыва

В нашем случае ближайшее расстояние до несущих колонн, на которое может подъехать фургон с ВВ при въезде на подземную парковку, составляет примерно 3,8 м. При таком расположении и массе заряда 1600 кг в тротиловом эквиваленте две колонны получают необратимые повреждения и потеряют свою несущую способность (рис. 2). Для учёта такого разрушения в расчёте – эти колонны удаляются в момент взрывного нагружения.

## 5. Моделирование статической нагрузки

Общеизвестно, что железобетонные конструкции испытывают значительную осадку при строительстве и эксплуатации. Такие деформации необходимо учитывать в расчёте. КЭ модель башни "Исеть", состоящая из ~5,5 тысяч балочных и ~165 тысяч оболочечных конечных элементов подвергалась нагружению собственным весом. Моделирование статического нагружения выполнялось с помощью неявного решателя в пакете LS-DYNA. Общий вид модели башни после статического нагружения с полем деформаций

(перемещение вдоль вертикали в мм) представлены на рис. 5 слева. Максимальное перемещение составило  $\sim 4$  см вниз.

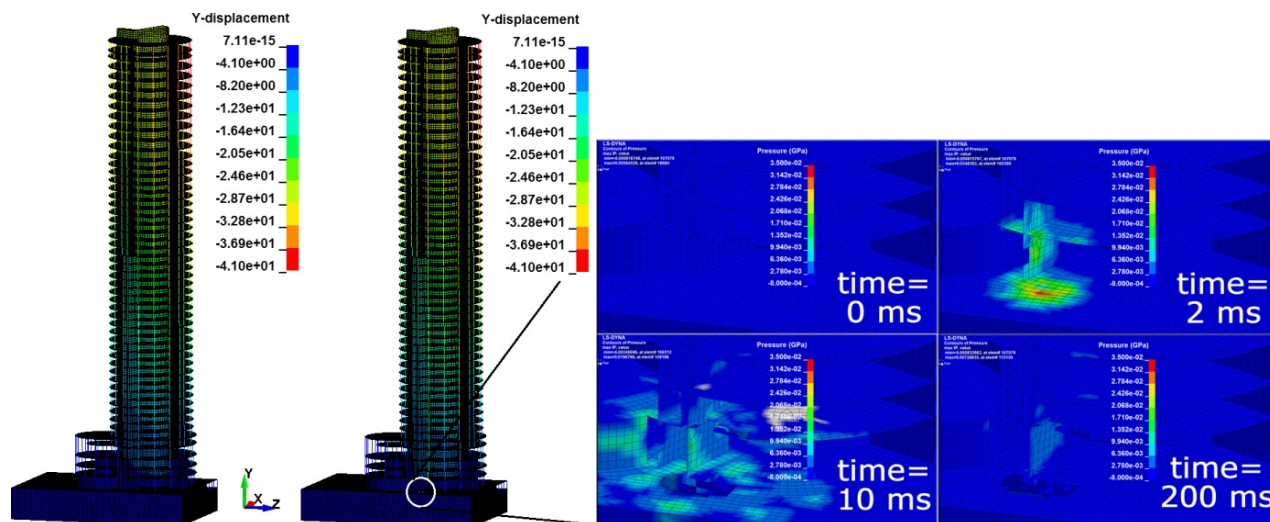


Рис. 5. Модель башни и поля давлений.

Слева – общий вид модели башни после статического нагружения собственным весом с полем перемещений вдоль вертикали в мм). В середине – тоже, спустя 10 минут после взрывного нагружения зарядом ВВ массой 1600 кг в области, обозначенной окружностью. Справа – поля давлений на поверхностях конструкции для четырёх моментов времени (перед взрывом, во время положительной и отрицательной фаз и через 200 мс после взрыва)

## 6. Моделирование динамической нагрузки

После расчета статического нагружения с помощью неявного решателя мы используем явный решатель для моделирования взрывного нагружения. Около двух несущих колонн первого этажа, показанных на рис. 2, размещается точечный источник взрыва, который моделируется с использованием карты \*LOAD\_BLAST\_ENHANCED [4]. В качестве исходных параметров карты \*LOAD\_BLAST\_ENHANCED используются координаты центра взрыва (около колонн и на расстоянии один метр от поверхности земли), масса ВВ в тротиловом эквиваленте (1600 кг), и в качестве типа распространения УВВ используется “свободная сферическая УВВ”. На рис. 5 справа показаны поля давлений на поверхностях конструкции для четырёх моментов времени (перед взрывом, во время положительной и отрицательной фаз и через 200 мс после взрыва). Можно видеть, что непосредственно после взрыва повреждения конструкции носят локальный характер и сосредоточены в непосредственной близости от точки взрыва. УВВ от взрыва с таким расположением и массой уничтожила две несущие колонны и частично повредила стену лестничного марша и часть перекрытия нулевого и первого этажей.

После моделирования динамического нагружения мы вновь меняем решатель на неявный и продолжаем численное моделирование дальнейшего поведения повреждённой конструкции под воздействием собственного веса в течение 10 минут. Результат данного расчёта представлен на рис. 5 в середине как поле перемещений вдоль вертикальной оси в мм. Можно видеть, что перемещения практически не изменились по сравнению с перемещениями перед взрывом (рис. 5, слева), несмотря на то, что взрывом были уничтожены две несущие колонны. Не наблюдается тенденции к прогрессирующему разрушению и можно сделать заключение что конструкция башни "Исеть" устойчива к подобному типу взрывного воздействия.

### **Заключение**

Невозможно переоценить значимость принятия и реализации правильных конструктивных решений для обеспечения устойчивости высотных зданий и сооружений к воздействию динамических нагрузок, включая возможное взрывное нагружение. Необходима разработка конструктивных решений и охранных мероприятий для предотвращения нежелательных последствий и прогрессирующего разрушения зданий при взрывном воздействии. В настоящей работе продемонстрирован общий подход к исследованию устойчивости высотного железобетонного здания на примере реального сооружения - башни "Исеть", расположенной в г. Екатеринбурге. Обсуждаются возможные способы выбора критериев разрушения несущих элементов и материала. Приводятся результаты численного моделирования реалистичного сценария взрывного нагружения башни "Исеть", подтверждающие её устойчивость к такому типу взрывного воздействия. В последующем планируется проведение численного моделирования взрывного воздействия на железобетонное ядро башни.

### **Библиографический список**

1. Gehl J Cities for People (Washington: Island press), 2010.
2. Алехин В.Н. Метод расчета зданий и сооружений при многокомпонентном сейсмическом воздействии / В.Н. Алехин, О.Ю. Ушаков, А.В. Колесников // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 2014. - № 5. - с.31-36.
3. Дружинин П.С. Стохастический анализ живучести высотных сооружений / П.С. Дружинин, С.А Тимашев // Конференция “Экономические и технические аспекты безопасности строительных инфраструктур” Екатеринбург, РФ, 2015
4. LS-DYNA Keyword Users's Manual. Volumes I-III. Livermore Software Technology Corporation (LSTC) 2016 <http://www.lstc.com/products/ls-dyna>; <http://www.lstc.com/applications>
5. Almusallam T.H. Numerical analysis for progressive collapse potential of a typical framed concrete building Elsanadedy H M, Abbas H, Ngo T, Mendis P International Journal of Civil & Environmental Engineering IJCEE-IJENS 10 p 36, 2010

6. Bermejol.M Impact and explosive loads on concrete buildings using shell and beam type elements, Goicolea J.M, Gabaldon F, Santos A Proc. 3rd International Conference on Computational Methods In Structural Dynamics & Earthquake Engineering, 2011
7. Puryear J.M.N, ALE Modeling of Explosive Detonation on or near Reinforced-Concrete Columns Stevens D.J., Marchand K.A. Proc. 12th International LS-DYNA Users Conference Ballistic & Penetration, 2012
8. EN 1992-1-2:2004. Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1-2: General rules –Structural fire design European Committee for standardization, Brussels, Belgium
9. Xu K Numerical simulation study of spallation in reinforced concrete plates subjected to blast loading Lu Y Computers & Structures 84(5-6), 2006, pp 431-438
10. Wang F Reinforced concrete slab subjected to close-in explosion Wan Y.K.M, Chong O.Y.K, Lim C.H, Lim E.T.M Proc. LS-DYNA Anwenderforum p J-I-21, 2008
11. Ngo T Blast Loading and Blast Effects on Structures – An Overview Mendis P, Gupta A, Ramsay J EJSE Special Issue: Loading on Structures p 76, 2007
12. Tai Y.S, Dynamic response of a reinforced concrete slab subjected to air blast load Chu T.L, Hu H.Tand Wuc J.W Theoretical and Applied Fracture Mechanics 56 pp 140-147, 2011
13. Мкртычев О.В. Надёжность строительных конструкций при взрывах и пожарах / О.В. Мкртычев, В.Б. Дорожинский, Д.С. Сидоров -М.: АСВ, 2016. 174 с.
14. Risk Management Series Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings The Federal Emergency Management Agency FEMA 426, 2003
15. Охитин В.Н. Фугасное действие боеприпасов: учебное пособие / В.Н. Охитин, С.С. Меньшаков.- М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 118 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

**ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИММЕРСИВНОГО ТЕЛЕПРИСУТСТВИЯ  
ДЛЯ МОНИТОРИНГА И ДИАГНОСТИКИ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ  
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ**

*Прус М. Ю.*

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС  
России, Екатеринбург, Россия

*Попов А. Н.*

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС  
России, Екатеринбург, Россия, mpesh.7@gmail.com

**Аннотация.** Рассмотрены возможности применения технологий иммерсивного телеприсутствия при организации мониторинга и диагностики технического состояния потенциально опасных объектов (ПОО). Показано, что облачные технологии видеоконференцсвязи с использованием роботов иммерсивного телеприсутствия позволяют построить системы on-line поддержки инженерно-технических специалистов, экспертов и консультантов, привлекаемых для осуществления дистанционного исследования технического состояния отдельных узлов ПОО. При этом появляется возможность комплексирования различных методов неразрушающего контроля, применения всех доступных средств по стандартным и нестандартным методикам в автоматизированном режиме. Приведена организационная структура системы мониторинга и диагностики технического состояния ПОО на основе технологий иммерсивного телеприсутствия. Предложено дополнить автоматизированную систему мониторинга инженерно-технического состояния и технической диагностики ПОО подсистемой инфокоммуникационного обеспечения

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

проведения профилактических мероприятий по контролю технического состояния ПОО путем осуществления комплекса мероприятий, объединяющих три вида мониторинга инженерно-технического состояния ПОО – непрерывного, периодического и ситуационного.

**Ключевые слова:** иммерсивное телеприсутствие, мониторинг и диагностика технического состояния.



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

# APPLICATION OF TECHNOLOGY OF IMMERSITIVE TELECOMMUNICATIONS FOR MONITORING AND DIAGNOSTICS OF TECHNICAL CONDITION OF POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS

*Prus M. Y.*

Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia, Ekaterinburg

*Popov A. N.*

Ural State Fire Service Institute of Emercom of Russia, Ekaterinburg, Russia,  
mpesh.7@gmail.com

**Abstract.** Here reviewed opportunities of application of the immersive telecommunications technologies in organization of monitoring and diagnostics of potentially hazardous objects' (PHO) technical state. It's shown that cloud technologies of videoconferencing with robots of immersive telepresence allow to construct supporting on-line systems for engineers, experts and consultants which are involved for remote examination of technical condition of PHO's particular nodes. In this case, it becomes possible to integrate various methods of unbreakable control, the use of all available means by standard and non-standard methods in automated mode. Information is also given on organizational structure of system for monitoring and diagnosing the technical condition of PHO on the basis of immersive telepresence technologies. It was proposed to improve an automated monitoring system of technical condition and technical diagnostics of PHO with the infocommunication and other support subsystem for carrying out preventive measures to ensure the technical state of PHO by implementing a set of measures combining three types of monitoring of technical state of PHO – continuous, periodic and situational.

**Key words:** immersive telecommunications, monitoring and diagnostics of technical condition.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



Анализ тенденций развития современных подходов к проектированию автоматизированных информационных систем управления и связи в различных предметных областях показывает, что наиболее популярны организационные и технические решения, обеспечивающие автономность функционирования и расширение свободы передвижения персонала [1–3]. Это приводит к тому, что сотрудники довольно редко физически связаны между собой, поскольку применяемые телекоммуникационные системы позволяют создать виртуальную связь между ними, организовать единое информационное пространство для эффективного решения различных задач.

Робототехнические технологии становятся всё более востребованными для обеспечения пожарной безопасности, предотвращения и ликвидации различных чрезвычайных ситуаций. Перспективными направлениями развития технического и инфокоммуникационного обеспечения при тушении пожаров и проведении неотложных аварийно-спасательных работ на месте чрезвычайных происшествий представляется использование различных робототехнических средств при авариях на опасных производствах, при тушении пожаров, при разминировании и пр. В настоящее время существуют технологические предпосылки для создания робототехнических комплексов на основе использования технологий иммерсивного телеприсутствия, позволяющих проводить как разведку места пожара (происшествия), так и детальный осмотр с фиксацией обстановки и изъятием доказательств (следов, предметов) [1–3].

Одним из перспективных направлений развития робототехнических технологий является разработка методов и способов их применения в условиях отдаленности и затрудненного доступа [4, 5].

В ряде случаев, например, в ходе осмотра места пожара (происшествия) инспектору целесообразно получить консультацию соответствующего специалиста (в том числе и лица, которое предполагают привлечь в качестве эксперта. Необходимость таких консультаций обусловлена с одной стороны достаточно широким диапазоном правонарушений, на которые должен реагировать государственный инспектор по пожарному надзору в соответствии с действующим законодательством и возложенными на него обязанностями, а также, с другой стороны, отсутствием достаточных знаний, навыков и необходимых технических средств для квалифицированного сбора и фиксации доказательств [4, 5].

Наблюдается быстрое удешевление как аппаратных средств, так и трафика передачи данных, снимающее существующие до настоящего времени ограничения развития технологий телеприсутствия. Эти тенденции развития инфокоммуникационных средств позволяют прогнозировать в ближайшем будущем создание новых образцов робототехники

на основе телеприсутствия и их распространение в различные сферы деятельности – промышленное производство, образование, медицину и пр.

Следует обратить внимание на создание и развитие средств иммерсивного телеприсутствия, предназначенных для инфокоммуникационного обеспечения проведения профилактических мероприятий по контролю, надзору, оценке технического состояния потенциально опасных объектов (ПОО). Облачные технологии видеоконференцсвязи с использованием роботов иммерсивного телеприсутствия позволяют построить системы on line поддержки инженерно-технических специалистов, экспертов и консультантов, для осуществления дистанционного исследования технического состояния отдельных узлов ПОО всеми доступными средствами по стандартным и нестандартным методикам [6, 7]. Появляется возможность осуществления в автоматизированном режиме на этой технологической основе взаимоувязанного комплекса мероприятий, объединяющих три вида мониторинга инженерно-технического состояния потенциально опасных объектов – непрерывного, периодического и ситуационного, приведенного в виде следующей таблицы.

Т а б л и ц а

**Организационная структура и инфокоммуникационное обеспечение системы мониторинга и диагностики технического состояния ПОО**

Мониторинг	Непрерывный	Периодический	Ситуационный
Цель	Своевременное обнаружение опасного состояния (режима) и принятия экстренных мер по обеспечению безопасности (эвакуация, приостановка работы агрегатов и т.п.)	Оценка инженерно-технического состояния узлов, конструкций, сооружения в целом	Идентификация выявленного дефекта, прогноз его развития. Принятие решения о возможности дальнейшей эксплуатации, ремонте, замене и т.п.
Время и место	Постоянный мониторинг, непрерывная регистрация измеряемых параметров («черный ящик») отдельных узлов, критически важных элементов конструкций и пр.	В соответствии с графиком, распределенный контроль узлов и элементов (технологическая карта контроля)	При выявлении возможных опасных дефектов и других потенциально опасных состояний
Методы и средства	Вибродиагностика (пассивная), тензометрия, маяки, датчики углов наклона, АЭ (интенсивность), сенсоры (химические, биологические, радиационные, тепловые)	АЭ (амплитудный и временной анализ), ультразвуковая, электромагнитная и рентгеновская дефектоскопия, оптические приборы, тепловизоры, интроскопия, вибродиагностика (активная).	Доступные средства и методы, необходимые для выявления повреждений и нарушений режимов, оценки опасности. (затраты - не min)

Мониторинг	Непрерывный	Периодический	Ситуационный
Информативные параметры	«Грубые» (факт события) - (срабатывание датчиков), превышение порога дискриминации сигналов, отклонение от заданных эксплуатационных режимов, резкое изменение характеристик и параметров и пр.	«Тонкие» (диагностические)- стандартные процедуры ТДНК (регламенты и стандарты), в соответствии с планируемыми мероприятиями	«Тонкие» - многопараметрический анализ и интегральная диагностика, сочетание стандартных и нестандартных процедур, внеплановые мероприятия
Режим и особенности обработки результатов	Автоматический режим регистрации и обработки + автоматизированный (после срабатывания тревожного оповещения диспетчера) с применением систем ППР	Преимущественно автоматизированный режим регистрации и обработки по типовым алгоритмам, ручной при детализации по стандартным методикам)	Преимущественно «ручной», индивидуальный прогноз по стандартным и нестандартным методикам
Персонал	Диспетчер(оператор)	Инженерно-технические специалисты среднего звена	Инженерно-технические специалисты высшего звена, + эксперты (консультанты)
Принятие решения	Сообщение об обнаружении возможной опасности, тревожное оповещение и сигнализация, эвакуация, остановка эксплуатации, отключение оборудования и т.д.	Техническое обслуживание, ремонт, замена, дополнительное обследование	Установление степени опасности, замена узлов, реконструкция, остановка или продолжение эксплуатации
Инфокоммуникационное обеспечение и интеллектуализация	БЗ, экспертные системы ППР	Системы искусственного интеллекта ( типовые методики, стандартные процедуры ТДНК, частные алгоритмы расчета)	Системы on line поддержки экспертов и консультантов, индивидуальные методики, нестандартные процедуры

Предлагаемая подсистема инфокоммуникационного обеспечения является основой автоматизированной систем мониторинга и диагностики сложных технических объектов на основе методов неразрушающего контроля и позволяет реализовать подходы, предлагаемые концепцией многопараметрической интегральной диагностики [6].

При создании автоматизированной системы мониторинга, диагностики и прогнозирования инженерно-технического состояния высотного здания крайне важна правильная оценка потенциальных возможностей каждого из используемых методов неразрушающего контроля и определения его роли и места в общей организационной, функциональной и технической структуре системы.

Непрерывный контроль или так называемый мониторинг инженерно-технического состояния предназначен, в первую очередь для своевременного обнаружения возможных

угроз прогрессирующего обрушения здания в целом, разрушения основных критически важных узлов и конструкций, а также исследования динамики изменения некоторых интегральных параметров состояния объекта и его отдельных узлов.

Непрерывный контроль может быть основан на использовании комплекса технических и программных средств, в котором могут быть реализованы широко применяемые способы мониторинга деформационного состояния несущих конструкций (датчики углов наклона, амплитуд колебаний, тензометров, маяков и т.п.), а также сравнительно редко используемые для непрерывного мониторинга методы пассивной вибродиагностики (для оценки состояния здания в целом), а также метод акустической эмиссии (для оценки состояния критически важных узлов и элементов конструкций). Совокупность применяемых методов неразрушающего контроля и инженерно-технического мониторинга позволяет автоматизированной системе обрабатывать первичные данные в режиме реального времени и осуществлять интегральную оценку состояния объекта. Такая автоматизированная система позволяет своевременно предупредить о таких угрозах, как возможность резонансного разрушения (при резком изменении спектра частот собственных колебаний сооружения), развитие катастрофического разрушения несущих конструкций (при обнаружении акустического излучения растущей макротрещины и пр.).

Периодический контроль предназначен для более детальной оценки инженерно-технического состояния как всего сооружения в целом, так и его отдельных узлов, а также физико-механического состояния конструкционных материалов и т.п. Данный вид контроля проводится преимущественно автоматизированной системой в соответствии с установленными техническим регламентом графиками распределения процедур по отдельным узлам объекта. Отдельные узлы объекта исследуются в соответствии описанными в соответствующих технологических картах алгоритмами обследования их инженерно-технического состояния. При проведении данного вида контроля могут применяться методы обследования с частичной автоматизацией процедур.

Целесообразным при проведении периодического контроля отдельных критически важных узлов и элементов конструкций представляется использование некоторых относительно «тонких» и более информативных параметров акустической эмиссии, регистрируемых при повышении чувствительности приемной аппаратуры и ее соответствующей настройки, либо при применении более чувствительных датчиков.

При проведении периодического контроля при интегральной оценке инженерно-технического состояния конструкций возможно применение методов активной и пассивной вибродиагностики с модальным анализом колебаний. Для обследования отдельных

элементов конструкций могут также применяться тепловизионная диагностика, ультразвуковая дефектоскопия и другие методы.

Проведение процедур ситуационного контроля необходимо в следующих случаях. Переход к более детальному исследованию отдельных критически важных узлов и элементов конструкций может быть обусловлен выявлением автоматизированной системой при непрерывном мониторинге, либо при периодическом контроле существенных отклонений регистрируемых параметров от нормальных эксплуатационных режимов. Необходимость проведения локального ситуационного контроля возникает и при непосредственном обнаружении локальных повреждений и дефектов, а также после воздействий на сооружение в целом, либо его отдельные узлы неблагоприятных факторов различного происхождения (землетрясение, пожар, взрыв и т.п.).

Данный вид контроля представляет собой детальное диагностическое исследование, которое проводится преимущественно локально по отдельным узлам и элементам конструкций объекта группой специалистов. При проведении диагностики в основном применяются неавтоматизированные методы детального исследования инженерно-технического состояния отдельных критически важных узлов и физико-механических свойств конструкционных материалов. В то же время могут применяться и автоматизированные методы обследования (например, установка датчиков акустической эмиссии, тензометров и пр. на определенный период наблюдения за динамикой развития дефектов).

При обследовании максимально используются возможности всех доступных методов неразрушающего контроля, в том числе с использованием нестандартной и уникальной регистрирующей аппаратуры. Для исследования интегрального инженерно-технического состояния конструкций наиболее целесообразно использовать методы активной вибродиагностики с модальным анализом колебаний. Оценку структурного состояния конструкционных материалов необходимо проводить с применением акустико-эмиссионных методов, позволяющих проводить исследование баланса диссипации при неупругом деформировании элементов конструкций [6, 7]. Также широко могут применяться методы тепловизионной диагностики, ультразвуковой дефектоскопии, рентгеновские и радиометрические методы и другие необходимые активные методы неразрушающего контроля, основанные на взаимодействии внешних физических полей с внутренней структурой объекта контроля. По окончании диагностического исследования должны быть сделаны выводы о возможности дальнейшей эксплуатации, замены или ремонта отдельных узлов и конструкций и т.п.

Подсистема инфокоммуникационного обеспечения, основанная на применении облачных технологий видеоконференцсвязи с использованием роботов иммерсивного телеприсутствия, способна обеспечить on-line поддержку инженерно-технических специалистов при проведении дистанционного исследования технического состояния как отдельных узлов ПОО, так и всего ПОО в целом.

Применение такого подхода к построению и организации систем мониторинга технического состояния ПОО в рамках единой структурированной системы мониторинга и управления инженерными системами ПОО, позволит достигнуть необходимого уровня надежности и безопасности на всех стадиях «жизненного цикла» в процессе эксплуатации ПОО.

### Библиографический список

1. Прус Ю.В., Битуев Б.Ж., Белозеров В.В., Шаповалов В.М. Базовые системы инфокоммуникационного обеспечения – основа создания «виртуального штаба» при пожарах и ЧС// Технологии техносферной безопасности. –2008. – № 5. – С. 12-19.
2. Прус Ю.В., Битуев Б.Ж., Белозеров В.В., Шаповалов В.М. , Мирзоев М.А. Организация межведомственного взаимодействия при чрезвычайных ситуациях на основе инфотелекоммуникационных систем «виртуального штаба» // Сб. тр. XVIII -й междунар. конф. «Информатизация и информа-ционная безопасность правоохранительных органов». – М: Академия управления МВД России, 2009. – С. 147-151.
3. Прус Ю.В., Шаповалов В.М., Битуев Б.Ж., Крылов А. М. Инфокоммуникационное пространство территориальной системы безопасности// Труды XVIII-й междунар. конф. «Пробл. управления безопасн. сложных систем». – М: РГГУ, 2010. – С. 187-191.
4. Прус Ю.В., Дроздов А.П., Шаповалов В.М., Ягодин А. А. Робототехнические системы иммерсивного телеприсутствия в деятельности аварийно-спасательных служб// Матер. XXI-й междунар. конф. «Пробл. управления безопасн. сложных систем». – М: ИПУ РАН, 2013. – С. 256-259.
5. Прус Ю.В., Хажикаров М.Х., Ягодин А. А., Карпов С.Ю. , Бурдастых В.В. Инфокоммуникационное обеспечение взаимодействия инспектора по пожарному надзору и пожарно-технического эксперта на основе технологий иммерсивного телеприсутствия// Матер. XXII –й междунар. научно-техн. конф. «Системы безопасности». – М.: Академия ГПС МЧС России. –2013. – С. 20-22.
6. Прус Ю.В., Белозеров В.В., Ветров А.В. Автоматизация инженерно-технической диагностики высотных зданий на основе комплексирования ме-тодов и средств неразрушающего контроля // Технологии техносферной безопасности. – 2008. – № 5. – С. 26-32.
7. Кузьмин А.А., Прус Ю.В. Система мониторинга инженерно-технического состояния зданий и сооружений // Матер. Всерос. научно-практ. Конф. «Совр. техн.обеспе. гражд. обор.и ликв. посл. чрезв. сит.» – Воронеж: ВИ ГПС МЧС России. –2013. – С. 251-254.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ОПТИМИЗАЦИЯ БЕЗОПАСНОСТИ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ КРИТИЧНЫХ  
ИНФРАСТРУКТУР С ЗАЩИТОЙ С  
УЧЕТОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА**

*Тимашев С. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, timashevs@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В докладе сделана попытка установить количественное соответствие между расходами на повышение безопасности системы инфраструктур, и соответствующим изменением показателя безопасности (уменьшением вероятности и всех последствий отказа).

**Ключевые слова:** ущерб, критичная инфраструктура, человеческий фактор, лицо принимающее решение, безопасность.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**OPERATIONAL SAFETY OPTIMIZATION OF  
PROTECTED CRITICAL INFRASTRUCTURES  
WITH ACCOUNTING FOR THE HUMAN  
FACTOR**

*Timashev S. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, timashevs@gmail.com  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The paper describes the results of an attempt to solve the problem of establishing a quantitative relation between the expenditures on increasing the level of safety of critical infrastructures and the corresponding change of the value of the safety factor (decrease of the probability of failure).

**Key words:** damage, critical infrastructure, human factor, decision maker, safety.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



## Введение

Надежность и безопасность систем человек-социум-инфраструктура-среда (ЧСИС) и их простейшего подвида, систем человек-машина-среда (ЧМС) напрямую зависит от человеческого фактора (ЧФ). Накопленная статистика отказов КИ и их компонент показывает, что от 60 до 80 % всех аварий ЧСИС вызваны неправильными действиями (решениями) человека-диагноста, оператора, сборщика, ремонтника, и руководителей всех рангов (мастер, начальник цеха, главный инженер, главный финансист, а также исполнительный директор предприятия). В связи с этим, при построении алгоритма оценки надежности и безопасности КИ необходимо в обязательном порядке включить в расчетную схему качества КИ всех специалистов, которые, так или иначе, причастны к поддержанию этого качества на необходимом уровне.

Существующий научный инструментарий позволяет оценивать вероятность безопасной эксплуатации простейших систем ЧМС и отдельных производственных линий, робототехнических комплексов РТК, гибких производственных систем ГПС, но не позволяет решать эту проблему для более сложных критичных инфраструктур и, особенно, систем взаимозависимых инфраструктур (ЧСИС). В данном докладе рассматривается безопасность КИ, состоящих из существенного числа относительно самостоятельных единиц (блоков). Это позволяет, в первом приближении, использовать те же схемы декомпозиции, которые применяются для отдельных машин или установок.

Предлагаемый подход, опирающийся на результаты, полученные в [1–4], используется для рассмотрения и анализа объектов, которые гораздо сложнее отдельных агрегатов, машин или установок. При анализе безопасности человеческие ошибки (ЧО) рассматриваются селективно. Иными словами, учитываются только те цепочки (последовательности) ЧО, которые заметно влияют на выходные параметры системы. Кроме того, рассмотрена более сложная модель ЧО, когда оператор работает в условиях, когда ему приходится удовлетворять «в параллель» несколько заявок, причем некоторые из них появляются внезапно (во времени и по месту их возникновения).

Все аварии и катастрофы критичных инфраструктур (КИ) как систем «человек-социум-инфраструктура-среда (ЧСИС)» и их компонент развиваются, как правило, либо из-за одновременного проявления нескольких нежелательных событий-инициаторов аварийной ситуации во второй природе (техносфере), либо из-за реализации цепочки зацепляющихся событий по модели «швейцарского сыра» [5], причем каждое предыдущее событие «разгоняет-ускоряет» последующее событие. Характерной цепочкой таких событий является следующая последовательность:

- 1) ошибка человека-оператора, вызванная недостаточной профессиональной подготовленностью к работам и/или внезапный отказ конструктивно несовершенной / деградировавшей и опасной производственной линии, технологического оборудования и/или нерасчетное внешнее воздействие на людей, технику или строительные конструкции, здания и сооружения со стороны рабочей и/или окружающей среды или преднамеренного импакта;
- 2) неожиданное (по месту или времени) появление опасного (для оператора или производственной линии или сооружения) повреждающего инфраструктуру фактора;
- 3) неисправность или отсутствие средств защиты и/или неточные действия персонала, ЛПР, или посторонних лиц, в возникшей ситуации;
- 4) воздействие опасных производственных факторов на незащищенные элементы технологического оборудования, строительных конструкций и сооружений, людей, или окружающую их среду.

Благоприятным «фоном», в условиях которого возникают аварии и катастрофы, служат [3,4]:

- недостаточная надежность и эргономичность технологического оборудования;
- несовершенство отбора и профессиональной подготовки эксплуатирующего его персонала;
- низкое качество технологии и организации выполнения работ, приводящие к необходимости пребывания людей в потенциально опасных зонах поражения;
- факторы дискомфорта проведения работ (необходимость соблюдения мероприятий по обеспечению безопасности).

Дополнительными факторами, способствующими появлению аварии, являются: слабые практические навыки персонала в сложных ситуациях; неумение правильно оценивать информацию о состоянии протекающих с его (персонала) участием процессов; низкое качество рабочих мест; недостаточная технологическая дисциплинированность операторов техники, что способствует росту напряженности труда и числу связанных с этим ошибок. Анализ статистических данных об авариях и катастрофах показал, что их можно (с приемлемым уровнем доверия) интерпретировать как Пуассоновские потоки случайных событий, а время между появлением отдельных происшествий считать распределенным по экспоненциальному закону [6].

Для упрощения анализа технологических процессов их следует декомпозировать на последовательность соответствующих отдельных операций. Под конкретной операцией понимается выполнение действия, необходимого для получения определенного промежуточного результата. После выполнения всей цепочки операций на выходе

производственной линии КИ получается промежуточный продукт (полуфабрикат), конечный продукт, или услуга.

Безопасность КИ напрямую зависит от свойств ее компонент. Поэтому управление процессом обеспечения безопасности КИ суть совокупность методов и средств контроля и поддержания требуемого уровня качества и безопасности функционирования всех компонент инфраструктуры. Это достигается за счет полного набора мероприятий по обеспечению их foolproof-свойства и комплексной взаимоподдержки (взаимозаменяемости), реализуемых на всех этапах жизненного цикла систем ЧСИС.

### **Структура затрат на повышение безопасности инфраструктуры**

Эти затраты служат бюджетным ограничением при решении соответствующих оптимизационных задач. Рассмотрим структуру затрат на непосредственное уменьшение вероятности отказа, или, что эквивалентно, повышение безопасности инфраструктуры или ее компоненты. Они могут быть классифицированы следующим образом:

Затраты на предупреждение аварий и катастроф на ПОО, снижение тяжести их последствий и обеспечение качества взаимодействия компонент критичных инфраструктур, при их нормальном и аварийном функционировании, в том числе:

- собственно структура критичной инфраструктуры (здания, сооружения и их технологическая «начинка», энергетические и транспортные сети всех видов и др.);
- хардвер и софтвер подсистемы безопасности КИ (защита от дурака (foolproof) и проч.);
- организация труда и логистика (рабочая среда и организация труда);
- специалист-диагност, оператор, или лицо принимающее решение (ЛПР) всех уровней ответственности»
- участник процесса создания продукта или услуги и управления производственным процессом, протекающим на рассматриваемом потенциально опасном объекте (ПОО).

Соответственно, для обеспечения и поддержания производственных компонент инфраструктуры в рабочем состоянии (с высоким коэффициентом готовности) – прежде всего, компонент, производящих продукт/товар и услуги, зданий и сооружений, подсистем коммуникаций, необходимо производить соответствующие затраты на их мейнтенанс-диагностику, мониторинг и управление по критерию надежности и безопасности КИ.

Расходы на обеспечение безопасности хардвэра подсистемы безопасности также состоят из затрат на его мейнтенанс (включая расходы на запчасти и проч.). Для обеспечения безопасности софтвера создаются электронные и программные барьеры, препятствующие проникновению программных вирусов и развитию кибератак. Эти средства также нуждаются в постоянном обновлении и мейнтенансе.

Для создания безопасных условий труда необходимо тратить средства на содержание всех активов, входящих в состав КИ. Для сохранения (и повышения) нужной квалификации человека-оператора на требуемом уровне, необходимо осуществлять планомерные затраты по профотбору, повышению его теоретических и практических знаний.

### Моделирование процесса развития аварийной ситуации на КИ, снабженной системой защиты, с учетом ЧФ

Корректная оценка безопасности КИ требует явного учета ЧФ в расчетной схеме КИ. Для упрощения этой сложнейшей задачи при развитии аварии на КИ, ограничимся в первом приближении следующими компонентами: 1) технологические (производственные) линии и конструкции и сооружения в которых эти линии размещены; 2) опасные ошибки человека (отказ ЧФ); 3) окружающая среда (нагрузки и воздействия, гео- и топография КИ, биота).

Ограничиваясь в данной статье только авариями техногенного типа, представим процесс развития аварии КИ с помощью графа изображенного на рис. 1, и его формального описания которые были впервые предложены П. Г. Беловым. В его работах [1,2] рассмотрены процессы, протекающие в простейших человеко-машинных системах, когда последние состоят из одной машины и одного оператора. В данной работе эта модель адаптирована и обобщена для рассмотрения принципиально нового объекта – многомерной инфраструктуры и учитывает действия лиц принимающих решения, относящиеся к функционированию всей инфраструктуры или систем ВКИ.

На вход такой обобщенной КИ (системы) во время ее обычной эксплуатации подается однородный поток требований (заявок) на выполнение  $k$ -х технологических операций. Эти заявки поступают согласно характеристики потока  $f(t)$ , который является, в общем случае, переменной величиной, так как в любой произвольный момент времени  $t$  определяется числом  $m$  выполняемых технологических операций  $k$ -го типа и текущими интенсивностями  $\lambda_{ks}(t)$  их выполнения.

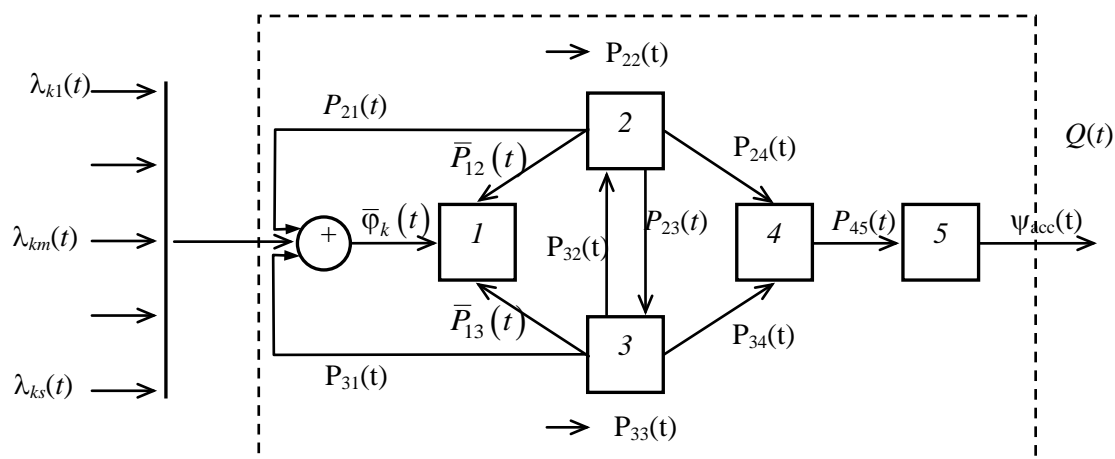


Рис. 1. Рабочая модель развития аварии инфраструктуры произвольного типа в течение времени  $T$  (смысл вероятностей  $P_{ij}(t)$  дан ниже)

Авария КИ возникает, когда на выходе системы появляется соответствующее событие, которое учитывается параметром потока аварий/инцидентов. Перед аварией обычно появляется так называемое «критическое» событие или ситуация, а перед ним – «предупреждающее» событие(я), (см. [5], гл. 1). Эти события суть отказ техники или человеческая ошибка(и), приводящая к аварии, в том числе, с человеческими жертвами. Практически авария возникает, когда одновременно (или последовательно) происходит несколько критичных событий (возникает ситуация по типу швейцарского сыра), в результате которых появляются опасности в зоне действия незащищенных от них людей и/или оборудования КИ или окружающей ее среды.

Таким образом, описываемая рабочая модель аварии КИ учитывает только отказообразующие события, связанные с функционированием производственной техники, или с *фатальной* человеческой ошибкой. Все другие события игнорируются, что позволяет существенным образом снизить размерность задачи и сделать ее *вычисляемой*. Предупреждение или ослабление последствий такого рода ошибок возможно путем адаптации системы с помощью технологических / компьютерных средств защиты и/или использования организационно-логистических мероприятий.

Снижение размерности рассматриваемой задачи изложенным выше способом позволяет ограничиться пятью основными состояниями системы, через которые обязательно проходит система при ее деградации от нормально функционирующей системы до ее аварии. Эти состояния обозначены на рис. 1 цифрами от 1 до 5, которые обозначают следующее: 1 – динамическое равновесие (нормальное (штатное) функционирование) КИ; 2, 3 – возмущенные состояния системы, обусловленные отказами оборудования, софтвера, кибератакой на компоненты КИ, подключенные к интернету вещей (Internet of Things - IoT) или ЧО; 4 – критические состояния КИ в целом, из-за появления в системе предупреждающих и критичных отказов отдельных ее элементов; 5 – состояние порогового отказа компонента КИ, когда зона возможного поражения покрывает зону нахождения незащищенного персонала, обслуживающего производственные линии и/или населения и окружающей среды вокруг функционирующей КИ.

Процесс возникновения инцидента или аварии КИ при ее нормальном функционировании в условиях модели рис. 1 интерпретируется как однородный стохастический поток выполнения поступающих в систему заявок на выполнение специфических заданий в установленных технологией временных рамках. Эти заявки, ходе их выполнения, могут оказаться в состоянии: 1 (успешное завершение заявки), 4 и 5 (в ходе выполнения заявки возникли предупреждающие или критичные ситуации, которые были

успешно ликвидированы до развития ситуации до полномасштабной аварии). При этом считается, что система сумела адаптироваться и сохранить свой гомеостазис.

Примем также, что процесс развития цепи предпосылок происшествия происходит практически мгновенно (т.е., система динамическая, но безынерционная), что исключает потерю событий в состояниях 2 и 3 системы. Это позволяет считать одинаковыми потоки событий, входящих и выходящих из состояний 2 и 3 модели рис. 1.

Однако выполнение некоторых заявок может привести КИ в состояние частичного или полного отказа. Обозначим количественную меру таких, отказовых, ситуаций через  $Q(t)$ . Предпринятое цензурирование и упрощение системы приводит к девяти возможным переходам состояния КИ, если дополнительно предположить что:

- система не в состоянии перейти из состояния 1 сразу в состояние 5, и в состояние 4, минуя состояния 2 или 3;
- существует возможность повторного выполнения операций после выявления и устранения ЧО и отказов хардвэра;
- допустим переход системы из состояния 2 (3) в состояние 3 (2) [6].

Используя свойство инвариантности случайного ординарного потока после его разряжения [6], можно получить количественное выражение для  $Q(t)$ . Просеивание входного потока заявок на обслуживание при переходе потока из состояний  $i$  ( $i = 1, 2, 3, 4$ ) в состояния  $j$  ( $j = 2, 3, 4, 5$ ) выполняется с помощью вероятностей просеивания  $P_{ij}$ . Эти вероятности имеют следующий смысл (см также рис. 1):

- $P_{12}(t)$  – вероятность возникновения человеческих ошибок (ЧО) при реализации производственного или логистического алгоритма действий при выполнении КИ  $k$ -ой технологической операции;
- $P_{21}(t)$  – условная вероятность (УВ) возникновения человеческих ошибок (ЧО) одного типа (одной группы операторов) при появлении ЧО другого типа (второй группы операторов);
- $P_{22}(t)$  – УВ возникновения ЧО при появлении отказов оборудования или систем КИ;
- $P_{23}(t)$  – УВ возникновения отказов оборудования, вызванных неправильными действиями (ошибками) операторов;
- $P_{24}(t)$  – вероятность совершения опасной человеческой ошибки;
- $P_{31}(t)$  – вероятность своевременного выявления и исправления возникших ЧО;
- $P_{32}(t)$  – вероятность появления отказов функционирующих оборудования и производственных линий КИ;
- $P_{33}(t)$  – вероятность своевременного устранения отказов функционирующего оборудования или технологических линий операторами этих устройств;

- $P_{34}(t)$  – вероятность появления опасной (предкритической) ситуации;
- $P_{45}(t)$  – УВ перерастания опасной ситуации в критическую ситуацию;
- $P_5(t)$  – УВ появления отказов одного типа (одной группы оборудования) по причине появления отказов другого типа (другой группы оборудования);
- $P_{acc}(t)$  – УВ перерастания критической ситуации в аварию (accident).

Все перечисленные выше вероятности для ЧО и отказов оборудования вычисляются на отрезке времени  $t = t_2 - t_1$ .

Вероятности  $P_{13}(t)$ ,  $P_{23}(t)$ ,  $P_{33}(t)$  определяются методами конструкционной и структурной надежности. Процедуры оценки показателей  $P_{12}(t)$ ,  $P_{21}(t)$ ,  $P_{22}(t)$ ,  $P_{31}(t)$ ,  $P_{32}(t)$ ,  $P_5(t)$  своевременности и безошибочности действий человека-оператора при выполнении производственного задания на оборудовании и производственных линиях изложены ниже.

Поскольку вероятность  $Q(t)$  является одновременно вероятностью исключения событий входного потока и вероятностью отказа КИ, обслуживающей этот поток, и может быть выражена как дополнение до единицы безопасности функционирования КИ  $[1 - S(t)]$ , то выражение для потока отказов КИ представимо виде

$$\psi_{acc}(t) = \psi_{in}(t)Q(t), \quad (1)$$

где  $\psi_{acc}(t)$  – параметр потока отказов КИ;  $\psi_{in}(t)$  – параметр потока инцидентов (опасных событий).

Таким образом, можно записать следующие формулы для оценки параметров потока ЧО (операторов системы) и отказов оборудования производственных линий КИ:

$$\psi_{12}(t) = \psi_k(t)P_{12}(t); \quad (2)$$

$$\psi_{13}(t) = \psi_k(t)P_{13}(t), \quad (3)$$

где  $\psi_k(t)$  – параметр фактического потока заявок на выполнение  $k$ -х технологических операций (см. ниже, формулу (17)).

Параметры потоков индуцированных ими ЧО и отказов оборудования вычисляются по формулам:

$$\psi_{23}(t) = [\psi_{12}(t) + \psi_{22}(t)]P_{12}(t); \quad (4)$$

$$\psi_{32}(t) = [\psi_{13}(t) + \psi_{33}(t)]P_{32}(t), \quad (5)$$

где  $\psi_{22}(t)$  и  $\psi_{33}(t)$  – соответственно параметры, учитывающие возможность возникновения ошибок и отказов оборудования одного типа при появлении ошибок и отказов другого типа. Они находятся по следующим формулам:

$$\psi_{22}(t) = \psi_{12}(t)P_{22}(t); \quad (6)$$

$$\psi_{33}(t) = \psi_{13}(t)P_{33}(t). \quad (7)$$

Подставляя (2), (3) в формулы (4), (5) получим, с учетом зависимостей (6), (7)

$$\psi_{23}(t) = \psi_k(t)P_{12}(t)P_{23}(t)[1 + P_{22}(t)]; \quad (8)$$

$$\psi_{32}(t) = \psi_k(t)P_{32}(t)P_{23}(t)[1 + P_{33}(t)]. \quad (9)$$

Выражения для интенсивностей  $\nu_{21}(t)$  исправления ошибок операторов и  $\nu_{31}(t)$  устранения отказов оборудования, которые являются параметрами суммарного потока заявок на повторное исполнение  $k$ -х технологических операций (см. круг со знаком «+» на рис. 1), получаются аналогично выражениям (4), (5):

$$\nu_{21}(t) = [\psi_{12}(t) + \psi_{22}(t) + \psi_{32}(t)]P_{12}(t); \quad (10)$$

$$\nu_{31}(t) = [\psi_{13}(t) + \psi_{23}(t) + \psi_{33}(t)]P_{31}(t). \quad (11)$$

Подстановка выражений (2)–(9) в зависимости (10), (11) дает следующие формулы для недостающих компонент суммарного потока дополнительных заявок на проведение этих работ:

$$\nu_{21}(t) = [\psi_k(t)P_{21}(t)\{P_{12}(t)[1 + P_{22}(t)] + P_{13}(t)P_{32}(t)[1 + P_{23}(t)]\}; \quad (12)$$

$$\nu_{31}(t) = [\psi_k(t)P_{31}(t)\{P_{13}(t)[1 + P_{33}(t)] + P_{12}(t)P_{23}(t)[1 + P_{32}(t)]\}. \quad (13)$$

Из условия равенства потоков входящих и выходящих из состояний 2 и 3 системы следует, что

$$\psi_{24}(t) = \psi_{12}(t) + \psi_{22}(t) + \psi_{32}(t) - \psi_{23}(t) - \nu_{21}(t); \quad (14)$$

$$\psi_{34}(t) = \psi_{13}(t) + \psi_{33}(t) + \psi_{23}(t) - \psi_{32}(t) - \nu_{31}(t). \quad (15)$$

После подстановки в правую часть равенств (14), (15) значений их слагаемых и соответствующих алгебраических преобразований, получим важную формулу для параметра потока аварий:



$$\begin{aligned} \psi_{acc}(t) = \psi_{24}(t) + \psi_{34}(t) = \\ \psi_k(t) \{ P_{12}(t)[1 + P_{22}(t) - P_{21}(t) - P_{22}(t)P_{21}(t) - P_{23}(t)P_{31}(t) - P_{22}(t)P_{23}(t)P_{31}(t)] + \\ P_{13}(t)[1 + P_{33}(t) - P_{31}(t) - P_{33}(t)P_{31}(t) - P_{32}(t)P_{21}(t) - P_{33}(t)P_{32}(t)P_{21}(t)] \}. \end{aligned} \quad (16)$$

Параметр фактического потока заявок  $\psi_k(t)$  на выполнение  $k$ -х технологических операций представим в виде суммы

$$\psi_k(t) = \psi_k^{in}(t) + \nu_{21}(t) + \nu_{31}(t). \quad (17)$$

Подставляя в (16) значения  $\psi_k(t)$  из (17) и учитывая (14), (15), получим

$$\psi_{accf}(t) = Q_k(t) \psi_k^{in}(t), \quad (18)$$

где  $Q_k(t)$  – вероятность аварии при проведении данной технологической операции. Для упрощенного случая, когда можно пренебречь потоками  $\psi_{23}(t), \psi_{32}(t), \psi_{22}(t)$  и  $\psi_{33}(t)$ , выражение для  $Q_k(t)$  приобретает вид [2]:

$$Q_k(t) = P_{45}(t) P_{if}(t) \frac{P_{12}(t) + P_{13}(t) - P_{12}(t)P_{21}(t) - P_{13}(t)P_{31}(t)}{1 - P_{12}(t)P_{21}(t) - P_{13}(t)P_{31}(t)}. \quad (19)$$

Для простейших алгоритмов  $A_j^{(i)}$  показатели безошибочности и своевременности исполнения заданий персоналом, обслуживающим производственную линию, могут быть рассчитаны простым перемножением параметров безошибочности и сложением длительности времени выполнения человеком-оператором среднестатистической квалификации элементарных действий, входящих в эти алгоритмы.

При известной величине  $P_{ij}(t)$  параметр потока происшествий найдется из выражения

$$\bar{\psi}_{accf}(t) = \sum_{k=0}^m \psi_k^{in}(t) Q_k(t), \quad (20)$$

поскольку вероятность их возникновения на интервале  $\tau = t_2 - t_1$  теперь уже равна

$$Q(\tau) = 1 - \exp[-(\bar{\psi}_{accf} \tau)], \quad (21)$$

где  $\bar{\psi}_{accf}$  средняя на отрезке  $\tau$  величина потока происшествий.

Для прогноза значений  $P_{45}(t)$  необходимы знания о параметрах опасности реализуемой операции КИ. Верхней оценкой этой вероятности будет

$$P_{45}(t) = \tau_k^{(4)}(t) / \tau_k(t), \quad (22)$$

где  $\tau_k^{(4)}(t)$  время нахождения незащищенных элементов компонент КИ в зоне возможного поражения опасными факторами (в состоянии 4 графа) и соответственно, длительность  $k$ -ой операции, проводимой в момент времени  $t \in [0, T_e]$ .

Вероятность  $P_{acc}(t)$  вычисляется с учетом условий непоглощения (т.е., перерастания критической ситуации в аварию соответствующего события) состоянием 5 графа.

Эти события, в свою очередь, могут быть представлены, в зависимости от логики технологического процесса, как сумма или произведение вероятностей таких событий как отказ мер и средств защиты, или (и) ЧО при ликвидации или локализации опасного состояния критичного блока КИ. В условиях данного формата структурные схемы процесса развития аварии могут принимать вид, представленный на рис. 2, а, б. В нем  $r$  – это число задействованных средств и мер защиты при выполнении конкретной операции, а  $n$  – число участвующих в выполнении этой операции специалистов-операторов. Иными словами, перерастание критической ситуации в аварию эквивалентно переходу события через состояние 5. Поэтому

$$P_{acc}(t) = 1 - P_\tau(t)P_5(t), \quad (23)$$

где  $P_\tau(t)$  – вероятность безотказной работы технических мер и средств защиты в момент времени  $t$  выполнения КИ операции, при условии, что к началу ее выполнения эти средства защиты (СЗ) были исправны;  $P_{35}(t)$  – вероятность безошибочного выполнения персоналом алгоритмов, предусмотренных при возникновении состояния 5 (критичной ситуации).

Значения вероятности  $P_\tau(t)$  определяется методами конструкционной надежности с помощью вероятностей  $P_m^{(k)}(t)$  безотказной работы отдельных производственных модулей и блоков и средств защиты, из общего числа  $r$  и способа соединения (последовательно, параллельно) между собой (рис. 2). Для более сложных схем процесса развития аварии и более сложных способов взаимодействия элементов системы (кольцом, мостиком) необходимо использовать теорию структурной надежности.

Для вычисления второй компоненты формулы (23) – вероятности  $P_5(t)$  – необходимы знания о численности  $n$  персонала, обслуживающего рассматриваемый технологический процесс, и вероятностях  $P_5^{(q)}(t)$  безошибочной и своевременной ликвидации возникших критических ситуаций. Эти данные можно получить из соответствующей документации о процессе. В первом приближении вероятность  $P_5(t)$  может быть оценена как

$$P_5(t) = \left[ \prod_{q=0}^n P^{(q)}_5(t) \right] / K_e, \quad (24)$$

где  $K_e$  – эмпирический коэффициент экстремальности (дискомфорта) условий работы оператора [7].

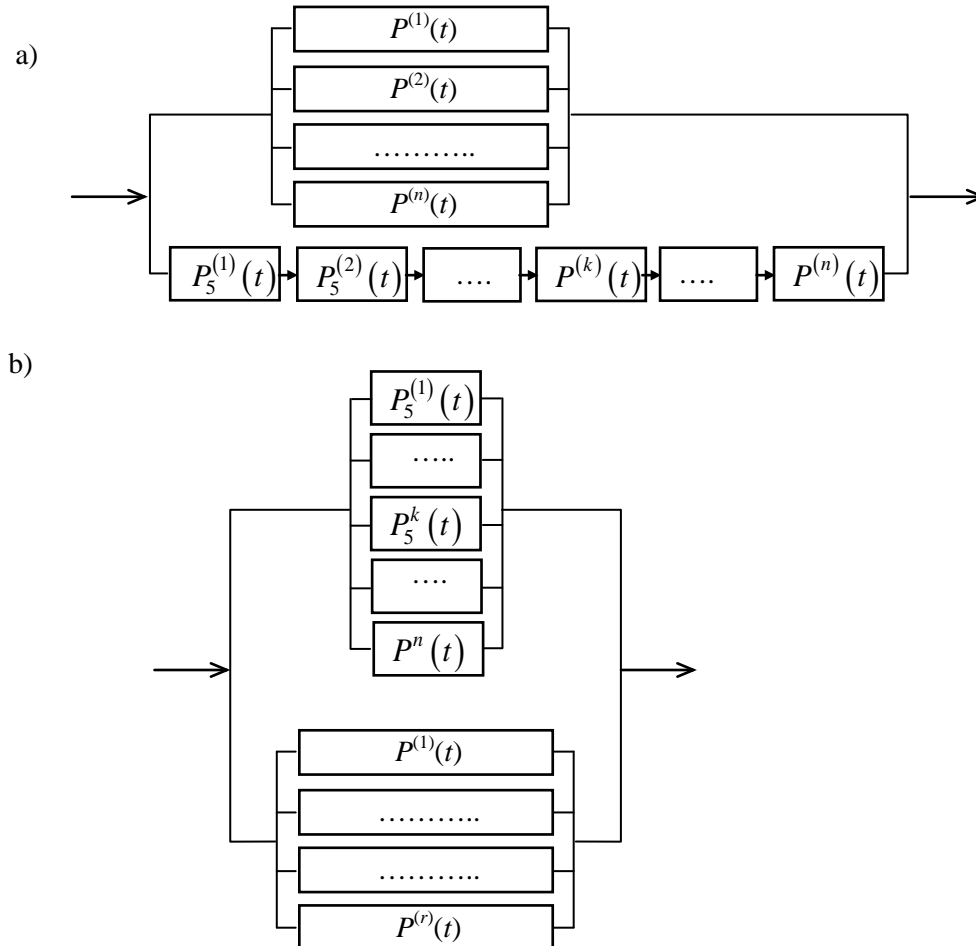


Рис. 2. Простейшие структурные схемы процесса функционирования КИ при ее переходе сначала в критическое состояние, а потом в аварию с непосредственным учетом человеческого фактора: а) оборудование, линии соединены параллельно, операторы взаимодействуют последовательно; б) ГПС, РТК функционируют параллельно, операторы тоже взаимодействуют последовательно

Величины  $P_5(t)$ ,  $P_{31}(t)$ ,  $P_{21}(t)$  и  $P_{12}(t)$  могут быть оценены с помощью обобщенного структурного метода теории эргатических систем [3, 4]. Необходимыми для этого исходными данными являются:

- алгоритмы  $A^{(i)}_f$  действий операторов машин и механизмов, РТК и ГПС в стандартных (состояние 1) и нестандартных (состояния 2, 3, 4 и 5) ситуациях графового потока рис. 1;

- справочные данные о продолжительности и безошибочности выполнения среднестатистическим оператором элементарных действий – тактов алгоритма  $A_f^{(i)}$ ;
- перечень и параметры подобных тактов.

Сбор перечисленных выше исходных данных, необходимых для решения поставленной в отчете задачи применительно к современным критическим инфраструктурам представляет собой достаточно сложную и нетривиальную самостоятельную задачу, которая еще ждет своего исследователя.

Оценку вероятности  $P_{il}^{(q)}(\tau_i)$  безошибочного и своевременного устранения оператором возможных отказов и ошибок ( $i = 2, 3$ ) за заданное время сделаем на основе аппроксимации ее значения гамма распределением, со следующими параметрами его формы и масштаба

$$C_i = E^2[\tau_A] / \sigma_{\tau_A}^2; \quad d_i = E[\tau_A] / \sigma_{\tau_A}, \quad (25)$$

где  $E[\tau_A]$ ,  $\sigma_{\tau_A}$  – соответственно, математическое ожидание времени, необходимое специалисту для выполнения алгоритма  $A_f^{(i)}$ , и среднеквадратическое отклонение этого времени.

При известных значениях параметров (25) гамма распределения искомые вероятности успешной ликвидации возникших отказов техники и человека (сиречь, успешного исправления его ошибок) соответственно будут:

$$P_{21}(t) = P_{21}(A_f^{(2)}, \tau_u^{(2)}) = 1 - \Phi(2d_2\tau_u^{(2)}, C_2), \quad (26)$$

$$P_{31}(t) = P_{31}(A_f^{(3)}, \tau_u^{(3)}) = 1 - \Phi(2d_3\tau_u^{(3)}, C_3), \quad (27)$$

где  $\tau_u^{(i)}$  – предельно допустимые интервалы времени с момента появления ЧО ( $i = 2$ ) или отказа оборудования ( $i = 3$ ) до появления опасного фактора;  $\Phi(2d_i\tau_u^{(i)}, C_i)$  – табличная гамма-распределение.

Параметры длительности  $E[\tau_A]$ ,  $\sigma_{\tau_A}$  и безошибочности  $[1 - P_{12}(t)]$  действий операторов вычисляются в предположении, что каждый из предписанных каждому оператору алгоритмов  $A_f^{(i)}$  может быть расщеплен на совокупность элементарных тактов, а затем представлен в виде последовательности типовых функциональных структур. Последние можно свести к нескольким простейшим формам с заранее выведенными формулами [4], позволяющими резко упростить вычисления всех искомых вероятностей.

Вероятность  $[1 - P_{13}(t)]$  – надежность оборудования инфраструктуры – достаточно просто вычисляется методами структурной надежности. Если интенсивность ее отказов постоянна (что можно предположить для небольших промежутков времени), то тогда

$$P_{13}(t) = 1 - \exp[-\lambda_{\tau_k}(t)]. \quad (28)$$

Условные вероятности отказа УВО  $P_{23}(t)$ ,  $P_{32}(t)$ ,  $P_{22}(t)$ ,  $P_{33}(t)$  могут быть найдены методом включения всех взаимодействующих компонент производственных линий и всех операторов, взаимодействующих с КИ в соответствующие процессы (схемы) безопасности агрегатов КИ и в алгоритмы функционирования операторов и исследованием полученных таким образом ДПСС компьютерным моделированием аварий. Такие исследования предполагается провести в ближайшем будущем. Полученные выше формулы позволяют приступить к оценке показателей безопасности функционирования инфраструктур и их систем с учетом человеческого фактора.

### Заключение

Все подходы, в которых влияние человеческого фактора на производственную инфраструктуру отсутствуют, являются, в принципе, неполными, поскольку не позволяют адекватно описать, и, следовательно, исследовать, большую часть техногенных аварий и катастроф (60–80 %).

В проведенном исследовании, по-видимому, впервые рассмотрена связь между уровнем безопасности инфраструктуры, в составе которой явным образом присутствуют все специалисты, непосредственно влияющие на безопасность системы (диагносты, операторы, ремонтники, монтажники, и лица принимающие решения на всех иерархических уровнях), и уровнем ее защиты. Принципиальное отличие предлагаемого подхода от существующих подходов к оценке влияния человеческого фактора на безопасность критичных инфраструктур заключается в том, что в нем:

- проклятие размерности преодолевается за счет редукции системы, путем ее целенаправленной свертки, имея в виду, что КИ состоит в общем случае из вложенных друг в друга инфраструктур по схеме «матрешки». В самом центре модели находится производственная инфраструктура: производственные линии, оборудование, агрегаты, машины. Эта корневая «матрешка» вложена в большую матрешку – строительную инфраструктуру (здания и сооружения), которая защищает корневую матрешку и создает необходимые условия для оптимальной ее эксплуатации и комфортного обслуживания оборудования и технологических линий.

- человеческие ошибки рассматриваются применительно к операторам, находящимся в более сложной, чем в случае системы ЧМС, ситуации, когда приходится самостоятельно решать, в какой последовательности обслуживать не только регламентные, но и внезапно поступившие заявки.

Исследование еще раз подтвердило, что проблема корректной оценки величины ущерба от отказов инфраструктур и их систем является принципиально не решаемой аналитически. В силу большого числа параметров, входящих в алгоритмы оценки величины ущерба, которые сами по себе являются стохастическими, неопределенными, или даже (пока) неизвестными, в лучшем случае ущерб можно дать интервальную оценку. Поэтому связь между расчетным уровнем безопасности и соответствующим ему уровнем ущерба носит нечеткий характер.

Моделирование процесса развития происшествий в аварию или катастрофу с помощью потоковых сетей, графов или очередей позволяет получить аналитические выражения для наиболее важных показателей надежности и безопасности функционирующих и проектируемых инфраструктур и систем взаимозависимых инфраструктур.

Представляется, что прогресс в решении данного класса задач теории инфраструктур возможен, если использовать байесовские сети для описания функционирования систем ЧСИС [5]. При этом целесообразно провести предварительно укрупнение схемы ЧСИС и рассмотреть ее сначала по блокам, после чего использовать характеристики безопасности блоков для оценки безопасности КИ или системы взаимозависимых инфраструктур. Эта работа запланирована на ближайшее будущее.

### **Библиографический список**

1. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности. Киев, КМУГА, 1997, 426 с.
2. Белов П.Г. Теоретические основы менеджмента техногенного риска. М.: докт. дисс., 2007, 418 с.
3. Губинский А.И., Гречко Ю.И., Ротштейн А.П. Методические рекомендации по аналитическим методам оценки эффективности качества и надежности эргатических систем. АН СССР: Центр. совет по комплексной проблеме «Кибернетика», 1978, 164 с.
4. Губинский А.И. Надежность и качество функционирования эргатических систем. Л.: Наука, 1982, 270 с.
5. Тимашев С.А. Инфраструктуры. Часть I. Надежность и долговечность. Екатеринбург, УрО РАН, 2016, 537 с.
6. Кокс Д.Р., Смит В.Л. Теория восстановления. Пер. с англ. М.: Сов. Радио. 1967. 300 с.
7. ГОСТ 21878-76. Случайные процессы и динамические системы. М.: Изд. стандартов. 1976.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОМЕЩЕНИЙ С ГАЗОВЫМ ЛУЧИСТЫМ ОТОПЛЕНИЕМ**

*Толстова Ю. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Поммер А. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В статье рассматривается возможность обеспечения безопасности объектов различного назначения, использующих газ для отопления. Наряду с ограничением уровня облучённости необходимо предусматривать отвод и ассимиляцию продуктов сгорания. Выполнен анализ технических характеристик газовых излучателей и дана оценка возможного загрязнения внутреннего воздуха продуктами сгорания. Обоснована величина воздухообмена, обеспечивающего ассимиляцию вредных выделений. С учётом этих данных определена требуемая кратность воздухообмена. Для расчётов характеристик наиболее распространенных светлых и темных газовых инфракрасных излучателей использована методика, разработанная авторами. Установлено, что температуры поверхностей приборов газового лучистого отопления и создаваемые ими уровни облучённости превышают значения, допустимые для многих категорий помещений. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании систем газового лучистого отопления с учётом требований безопасности и качества внутреннего воздуха.

**Ключевые слова:** внутренний воздух, газовое отопление, облучённость, продукты сгорания

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **THE PROBLEMS OF SECURITY AT BUILDINGS WITH GAS RADING HEATING**

*Tolstova U. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Pommer A. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Considered is indoor air possibility pollution of burnt gas heating systems. Conducted are the analyses of radiant gas heater technical characteristics. Provided are calculations of quantity nitrogen oxides and ventilation volumes for assimilation these products. Reduced is data of buildings there gas heating systems allowed. Received is the main characteristics radiant gas heating. The results can be used for projecting these systems and its security.

**Key words:** indoor air, gas heating, irradiance, burnt gas

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



В последнее время отмечается рост чрезвычайных ситуаций на объектах различного назначения, использующих газ. К числу таких объектов относятся промышленные здания с большими строительными объемами, где применение газовых инфракрасных излучателей является перспективным. Это связано с тем, что в настоящее время газ является сравнительно дешевым и экологически чистым топливом.

К числу недостатков систем газового лучистого отопления относят необходимость отвода или ассимиляции продуктов сгорания. В закрытых помещениях использование газовых горелок инфракрасного излучения связано не только с требованиями взрывобезопасности, но и с требованиями санитарно-гигиенических норм по состоянию атмосферы внутри этих помещений [1, 3, 4].

Помещение должно быть оборудовано системами вентиляции, производительность которых определяется также назначением помещений и рассчитывается из условий ассимиляции тепло - или газовыделений и продуктов сгорания.

В Стандарте АВОК, п. 4.10 [3] указывается, что при приёмке в эксплуатацию следует составлять технический паспорт системы отопления с указанием перечня и концентраций вредных веществ в продуктах сгорания. Анализ рынка газовых излучателей показал, что в технической документации предлагаемого оборудования эти данные не приведены. Проектные отделы институтов «ОАО Гипромез», «ОАО «Энергогазремонт», г. Екатеринбург и другие принимают 3-х кратный воздухообмен в соответствии с Постановлением Правительства РФ № 870 от 29 октября 2010 г.

Отсутствие чётких рекомендаций по расчёту воздухообмена помещений с газовыми излучателями приводит к необоснованным решениям при проектировании и пуске систем, ухудшению качества внутреннего воздуха и возможности чрезвычайных ситуаций.

Причинами загрязнения внутреннего воздуха в помещениях с газовыми излучателями могут быть утечки газа и поступление продуктов сгорания. Производители оборудования обращают внимание на опасность загрязнения при запуске систем и в первые три часа работы. Выполнен анализ действующих норм и рекомендаций по вентиляции помещений с газовым оборудованием.

В Своде правил СП 60.13330.12 [1, п. 7.5.10] приводятся общие рекомендации по определению воздухообмена помещений с выделениями вредных или горючих газов и паров. Указано, что следует предусматривать удаление загрязнённого воздуха из верхней зоны в объёме не менее однократного, а при высоте более 6 м не менее  $6 \text{ м}^3$  на  $1 \text{ м}^2$  площади пола.

В Постановлении Правительства РФ № 870 от 29 октября 2010г., п. 55 указано, что вентиляция помещений, в которых предусмотрена установка газоиспользующего

оборудования, должна обеспечивать воздухообмен не менее трёхкратного объёма в час для помещений котельных с постоянным присутствием персонала.

В Своде правил СП 89.13330.12 [6] также даны рекомендации по минимальному воздухообмену котельных на газовом топливе. Величина его должна определяться с учётом расхода воздуха на горение и не менее однократного объёма в час. Рекомендации по другим помещениям с газоиспользующим оборудованием не приводятся.

Таким образом, рассмотренные материалы не учитывают расход газа, способ отвода продуктов сгорания, их состав и объём.

Для оценки величины воздухообмена на ассимиляцию вредных веществ при возможных утечках и сжигании газа в газовых излучателях (ГИ) используем данные [7] о содержании окислов углерода и азота в выбросах газовых котельных. В качестве примера рассмотрен участок кузнечнопрессового цеха металлургического завода г. Верхняя Салда (Титановая долина). Авторами проводилась техническая экспертиза проекта газового лучистого отопления. Размеры цеха  $48 \times 132$  м, высота 10 м. По проекту предприятия была предусмотрена установка 24 газовых инфракрасных излучателей фирмы «Купол-Старки», марки ИКНГ-50. Расход газа на один излучатель  $B = 6$  м<sup>3</sup>/ч; мощность прибора  $Q_T = 50$  кВт.

Количество оксидов азота при сжигании газа определим по формуле [7]:

$$M_{\text{No}_2} = B Q_{\text{H}}^{\text{p}} k,$$

где  $B$  – расход газа, м<sup>3</sup>/с;  $Q_{\text{H}}^{\text{p}}$  – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;  $k$  – коэффициент, зависящий от мощности прибора  $Q_T$ .

Так как  $B Q_{\text{H}}^{\text{p}} = Q_T$ , то при  $Q_T = 50 \cdot 10^{-3}$  мВт ( по паспорту излучателя), коэффициент  $k = 0,013 Q_T^{1/2} + 0,03 = 0,033$  г/ МДж. Тогда количество оксидов азота от одного излучателя составит

$$M_{\text{No}_2} = 50 \cdot 0,033 \cdot 10^{-3} \text{ г/с} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ г/с},$$

а от 24-х ГИ количество оксидов азота  $M_{\text{No}_2} = 48 \cdot 10^{-3} \text{ г/с}$ .

Величину воздухообмена на ассимиляцию оксидов азота определим по формуле [1]:

$$L = \frac{M_{\text{No}_2}}{x_{\text{yx}} - x_{\text{np}}}.$$

Примем по [1] значение  $x_{\text{yx}} = \text{ПДК}_{\text{рз}}$ ;  $x_{\text{np}} = 0,3 \text{ ПДК}_{\text{рз}}$ . Для окислов азота  $\text{ПДК}_{\text{рз}} = 2 \text{ мг/м}^3$  [4]. Тогда получим:

$$L = 48 \cdot 10^{-3} / (2 - 0,3 \cdot 2) = 34 \text{ м}^3/\text{с} = 122400 \text{ м}^3/\text{ч},$$

а кратность воздухообмена при объёме цеха  $48 \cdot 132 \cdot 10 = 63360 \text{ м}^3$  составит  $n = 1,9 \text{ час}^{-1}$ .

Сравним полученный результат с рекомендациями СП [1]. При площади пола помещения  $F_{\text{п}} = 48 \cdot 132 = 6336 \text{ м}^2$  требуемый воздухообмен составляет

$L_{\text{тр}} = 6 F_{\text{п}} = 38016 \text{ м}^3/\text{ч}$ , и кратность воздухообмена в 3 раза меньше. При эффективном отводе продуктов сгорания поступление оксидов азота может быть уменьшено, однако в периоды запуска системы отопления происходит загрязнение внутреннего воздуха. В связи с этим производители оборудования указывают в инструкциях о необходимости «хорошего проветривания в течение первых 3-х часов работы».

Микроклимат в помещениях при лучистом отоплении оценивается величиной интенсивности теплового облучения на рабочем месте в обслуживаемой (рабочей) зоне помещения не должна превышать  $35 \text{ Вт/м}^2$  при 50 % и более облучаемой поверхности тела [1]. При проектировании систем газового лучистого отопления используются также «Рекомендации по применению систем обогрева с газовыми инфракрасными излучателями», разработанные АВОК [3].

Область применения систем газового лучистого отопления и допустимая температура поверхности газовых излучателей (ГИ) ограничены СП [1].

В табл. 1 приведён перечень объектов, для которых допускается применение указанных систем. Это помещения категории Г и Д, но с ограничением температуры поверхностей и с условием выполнением норм пожарной безопасности. Ограничения отсутствуют только для производственных зданий определённых технологий. Приведенные требования накладывают серьезные ограничения на применение газовых излучателей.

Таблица 1

**Область применения газовых отопительных систем**

Категории и наименование помещений	Максимально допустимая температура теплоотдающей поверхности, °С
Д.1. Жилые и общественные	Не более 95
Д.5. Спортивные залы	Не более 150
Д.7. Предприятия питания и торговые залы	Не более 150
Д.9. Пассажирские залы вокзалов и аэропортов	Не более 115
Д.11. а) производственные без выделений пыли и аэрозолей	Высокотемпературные излучатели без ограничения температуры
Д.11. б) производственные с выделением горючей пыли и аэрозолей	Не более 110
Г и Д с выделением негорючей пыли и аэрозолей	Высокотемпературные излучатели без ограничения температуры
Г и Д со значительными влаговыведениями	Высокотемпературные излучатели без ограничения температуры

Однако на основании данных, представляемых производителями и поставщиками излучателей, практически невозможно заранее определить, применим ли выбранный тип

излучателя в конкретном помещении с учётом его размеров, назначения и условий пребывания людей. Несмотря на имеющиеся ограничения, многие предприятия внедряют системы газового лучистого отопления. Так, в Уральском регионе предприятия холдингов УГМК и Северсталь активно переводят свои объекты с водяного отопления на газовое лучистое.

При проектировании систем лучистого отопления необходимо производить оценку интенсивности теплового облучения на рабочем месте. Подробное обоснование методики расчета интенсивности теплового облучения при лучистом отоплении приведено в работе [2].

Авторами выполнен расчет некоторых характеристик наиболее распространенных светлых и темных газовых инфракрасных излучателей моделей Gogas и ГИИ [5]. Были определены средние температуры излучающих поверхностей и высоты установки излучателей с таким условием, чтобы облучённость на рабочем месте, расположенном непосредственно под центром излучателя, составила  $35 \text{ Вт/м}^2$ , как этого требуют нормативные документы [1, 3, 6]. Результаты расчётов приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Средняя температура поверхности и минимальная высота установки некоторых моделей излучателей**

Модель	Габариты, м	Тепловая мощность, кВт	Средняя температура поверхности, °C	Минимальная высота установки, м
<b>Светлые</b>				
ГИИ-5	0,506×0,316	5	553	5,8
ГИИ-10	0,874×0,316	10	565	8,3
ГИИ-15	1,242×0,316	15	577	10
ГИИ-20	1,61×0,316	20	584	12
<b>Темные</b>				
ГИИ-T SU22	4,96×0,508	22	299	11
ГИИ-T SL22	9,39×0,305	22	280	10
ГИИ-T SU38	6,565×0,61	38	311	15
ГИИ-T SL38	12,39×0,305	38	320	14
DDSL10-2/Gogas	6,45×0,425	10	187	6,4
DDSL20-2/Gogas	6,45×0,425	20	273	10
DDSL20-3/Gogas	9,35×0,425	20	224	9,2
DDSL20-4/Gogas	12,25×0,425	20	193	8
DDSL30-3/Gogas	9,35×0,425	30	278	12
DSL30-4/Gogas	12,25×0,425	30	241	11

Результаты расчетов показывают, что температуры излучающих поверхностей достигают значений от 200–300°C для тёмных излучателей до 600°C для светлых. Необходимая высота установки рассмотренных излучателей весьма высока и применима далеко не во всех помещениях. Поэтому совершенствование конструкций излучателей должно быть направлено на уменьшение поверхностной плотности теплового потока за счет уменьшения температуры нагревательных элементов и увеличения габаритных размеров излучателей.

С увеличением поверхностной плотности теплового потока излучателя возрастает доля теплоты, отдаваемой излучением, и может достигать 85 %, в то время как конвективная теплоотдача уменьшается с 50 до 15 %. Аналогичные данные приведены в монографии Родина А.К. [8], где используется показатель «лучистый КПД» излучателя.

Следует иметь в виду, что почти всегда в помещениях приходится устанавливать несколько излучателей, поэтому на человека действует совокупная лучистая нагрузка. В этом случае необходимая высота установки излучателей окажется еще большей. Таким образом, применение газовых инфракрасных излучателей требует детальных расчётов для обоснования соответствия проектируемых систем требованиям норм. Такой расчет позволяет на стадии проектирования выявить возможные нарушения и внести необходимые изменения.

### **Выводы**

1. Для обеспечения нормируемых параметров внутреннего воздуха в помещениях с системами газового лучистого отопления необходимо проверять величину воздухообмена на ассимиляцию продуктов сгорания.

2. Следует рекомендовать производителям указывать в техническом паспорте выпускаемой продукции объём потребления газа, температуру поверхности и содержание вредных веществ в продуктах сгорания.

3. Обеспечение безопасности и допустимого уровня облучённости является условием применения систем газового лучистого отопления.

### **Библиографический список**

1. Свод правил СП 60.13330. 2012. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха: актуализированная редакция СНиП 41-01-2003. Введён с 1 янв. 2013. М.: Минрегион России. 2013. 76с.
2. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Поммер А.А. Совершенствование методики расчета лучистого отопления // Материалы международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогазоснабжения и вентиляции». М.: изд. МГСУ, 2005. С. 107-112.
3. Рекомендации по применению систем обогрева с газовыми инфракрасными излучателями. М.: изд. АВОК, 2005. 7с.

4. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда. Р 2.2.2006-05. Гигиенические требования к микроклимату помещений, оборудованных системами лучистого обогрева. М.: ФС по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2006. 105с.
5. Шумилов Р.Н., Толстова Ю.И., Поммер А.А. Системы лучистого отопления с использованием газа// Материалы международной научно-технической конференции «Теоретические основы теплогасоснабжения и вентиляции». М.: изд. МГСУ, 2007. С. 126-130.
6. Свод правил СП 89.13330. 2012. Котельные установки: актуализированная редакция СНиП II - 35-76-01-2003. Введён с 1 янв. 2013. М.: Минрегион России. 2013. 76с.
7. Полонский В.М. Охрана воздушного бассейна. М.: изд. АСВ, 2006. 152с.
8. Родин А.К. Газовое лучистое отопление. Л.: Недра, 1987. 187с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**РЕЗУЛЬТАТЫ ИНТЕГРАЦИИ  
ДУБЛИРУЮЩЕГО СПОСОБА  
ОПОВЕЩЕНИЯ В СИСТЕМУ  
ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ЗАЩИТЫ  
ИНФРАСТРУКТУРЫ  
ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА  
НА ПРИМЕРЕ АДМИНИСТРАТИВНЫХ  
ЗДАНИЙ ОАО «РЖД»**

*Шархун С. В.*

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС  
России, Екатеринбург, Россия, S\_sharhun@mail.ru

*Сирина Н. Ф.*

Уральский институт Государственной противопожарной службы МЧС  
России, Екатеринбург, Россия, NSirina@usurt.ru

**Аннотация.** В статье представлены результаты исследований по оценке эффективности использования предлагаемого авторами дублирующего способа оповещения о пожаре на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта. По данным натурных наблюдений за эвакуацией работников из зданий ОАО «РЖД» определено время реагирования персонала на сигнал о пожаре при различных способах оповещения. На основе выбранной математической модели времени принятия решения о начале эвакуации выполнена оценка эффективности оповещения о пожаре в зависимости от способа оповещения в сравнении с нормативными значениями. Имитационное моделирование процесса эвакуации показало, что применение предлагаемого дублирующего способа оповещения на объектах

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

инфраструктуры железнодорожного транспорта позволяет сократить не только время начала, но и общее время эвакуации людей при пожаре.

**Ключевые слова:** система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, управление процессом эвакуации людей, дублирующий способ оповещения, математическая модель, закон распределения, натурное наблюдение, моделирование, время эвакуации.



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**RESULTS OF INTEGRATION OF THE  
DUPLICATING WAY OF THE NOTIFICATION  
INTO THE FIRE PROTECTION SYSTEM OF  
INFRASTRUCTURE OF RAILWAY  
TRANSPORT ON THE EXAMPLE OF OFFICE  
BUILDINGS OF JSC "RUSSIAN RAILWAYS"**

*Sharkhun S. V.*

Urals Institute of State Firefighting Service of Ministry of Russian federation for Civil Defense, Ekaterinburg, Russia, S\_sharhun@mail.ru

*Sirina N. F.*

Urals Institute of State Firefighting Service of Ministry of Russian federation for Civil Defense, Ekaterinburg, Russia, NSirina@usurt.ru

**Abstract.** Natural observation of evacuation of workers of buildings of JSC "Russian Railways" is executed, taking into account various ways of the notification and time of their response to a signal is defined. Comparative assessment of efficiency of the notification of people at the fire depending on a way of the notification in comparison with standard values, and also the existing traditional ways of the notification on the basis of the chosen mathematical model is carried out. The carried-out imitating mathematical modeling of process of evacuation of people of the explored buildings, taking into account various ways of the notification.

**Key words:** The warning system and managements of evacuation of people at the fire, management of process of evacuation of people, the duplicating way of the notification, mathematical model, the law of distribution, natural observation, modeling, evacuation time.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Пожарная опасность административных зданий имеющихся в распоряжении ОАО «РЖД», заключается в том, что в современных административных зданиях сосредоточено большое количество людей, что может привести, при возникновении пожара, к огромному количеству жертв.

Статистический анализ пожаров показывает, что первые подразделения пожарной охраны прибывают к месту вызова в городах в среднем за 7,9 минут [1]. Однако количество сил и средств достаточное для организации спасательных работ (в т.ч. эвакуации людей из зданий) следует к месту пожара довольно продолжительный период времени [2]. Очаг пожара, к этому времени, в 55 % пожаров уже не ограничивается одним помещением и путь для беспрепятственной эвакуации людей уже отрезан опасными факторами пожара (продуктами горения). Следовательно, сохранение жизни и здоровья работников данных объектов целиком зависит от работы технических средств и реализации комплекса мер обеспечения пожарной безопасности непосредственно внутри здания.

Учитывая характер зданий ОАО «РЖД» в крупных городах Российской Федерации, повышение эффективности систем оповещения работников о пожаре и управления эвакуацией из зданий является актуальной задачей.

Среди работников административных зданий ОАО «РЖД» существует категория работников, чья деятельность напрямую связана с организацией управления процессом перевозок непосредственно с использованием персональных компьютеров на рабочих местах. Вопросы обеспечения сохранности жизни и здоровья данной категории работников при возникновении пожара решаются по средствам общепринятых систем противопожарной защиты – автоматической пожарной сигнализацией (АПС) и системой оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ). Требования к этим системам, а также их классификация отражены в техническом регламенте [3] и своде правил [4]. Как отмечено в работах [5,6], основная задача АПС и СОУЭ – оперативное оповещение людей, находящихся в здании, и управление процессом их эвакуации в безопасную зону. Кроме того установлено, что эффективная эвакуация работников административных зданий зависит не только от правильности выбора, проектирования, монтажа и использования систем АПС и СОУЭ, но и так же от адекватности действий работников при получении сигнала о необходимости эвакуации.

По причине того, что большинство рабочих мест административного персонала ОАО «РЖД» оборудованы персональными компьютерами, подключенными к локальной вычислительной сети (ЛВС), в работе [7] сделан вывод, что использование дублирующих способов и систем, позволяющих дополнительно оповещать сотрудников о пожаре,

возможно и не противоречит действующим нормативным документам. Одной из таких систем оповещения является система СОУЭ-ПК [8] подробно описанная в работах [9, 10].

Для оценки эффективности интеграции предлагаемого дублирующего способа оповещения в существующую систему противопожарной защиты административных зданий ОАО «РЖД», нами выполнены три этапа исследования.

1. В пяти административных зданиях проводились натурные наблюдения за поведением людей при получении сигнала о пожаре как стандартной системы АПС так и с использованием различных составляющих дублирующего способа оповещения. Сигнал подавался в рабочее время, оповещение осуществлялось по четырем вариантам:

- стандартная АПС и СОУЭ;
- стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук);
- стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук + картинка);
- стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук + картинка + блокировка).

Подробно основные результаты данного этапа отражены в статьях [11,12] для дальнейшего использования данных необходимо было выбрать закон распределения случайных величин, наиболее полно описывающий этап времени принятия решения о начале эвакуации. Эта задача решалась на втором этапе исследований.

2. Для выбора математического закона распределения проанализированы следующие законы:

- нормальный;
- логарифмически нормальный;
- гамма-распределение;
- экспоненциальный;
- распределение Вейбулла.

Для математического исследования полученных экспериментальных данных использована статистическая графическая система STATGRAPHICS for Windows [14]. Цель данного этапа – определить доверительный уровень возможности использования математических законов для исследования полученных данных, подробно ход математического исследования описан в работе [13], а результаты приведены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 и проверка возможности применения рассмотренных законов к результатам экспериментального исследования (критерий хи-квадрат, критерий Колмогорова-Смирнова [15]) позволили сделать вывод, что для математического исследования времени принятия решения о начале эвакуации возможно использовать экспоненциальный закон, с доверительным уровнем 95 %, так как он наилучшим образом

подходит для представления описывает ситуации с наиболее неблагоприятным течением обстоятельств.

Таблица 1

**Доверительный уровень возможности использования математических законов для исследования полученных данных**

Закон распределения	Доверительный уровень использования, %
Нормальный	10
Логарифмически нормальный	93
Гамма-распределение	90
Экспоненциальный	95
Распределение Вейбулла	90

При помощи математического закона получены следующие прогнозные данные (на примере одного из исследуемых зданий): к моменту времени 0,5 мин количество работников, отреагировавших на сигнал стандартной АПС, составит 43,77 %, на АПС + звук – 49,93 %, на АПС + картинка на мониторах ПК + звук в колонках – 56,44 % и на АПС + картинка на мониторах ПК + звук в колонках + принудительная блокировка ПК – 63,16 %. Следовательно, применение СОУЭ-ПК позволит повысить количество отреагировавших в момент времени 0,5 мин на 19,39 %, в абсолютных величинах это составит 28 чел. Графически это показано на рис. 1.

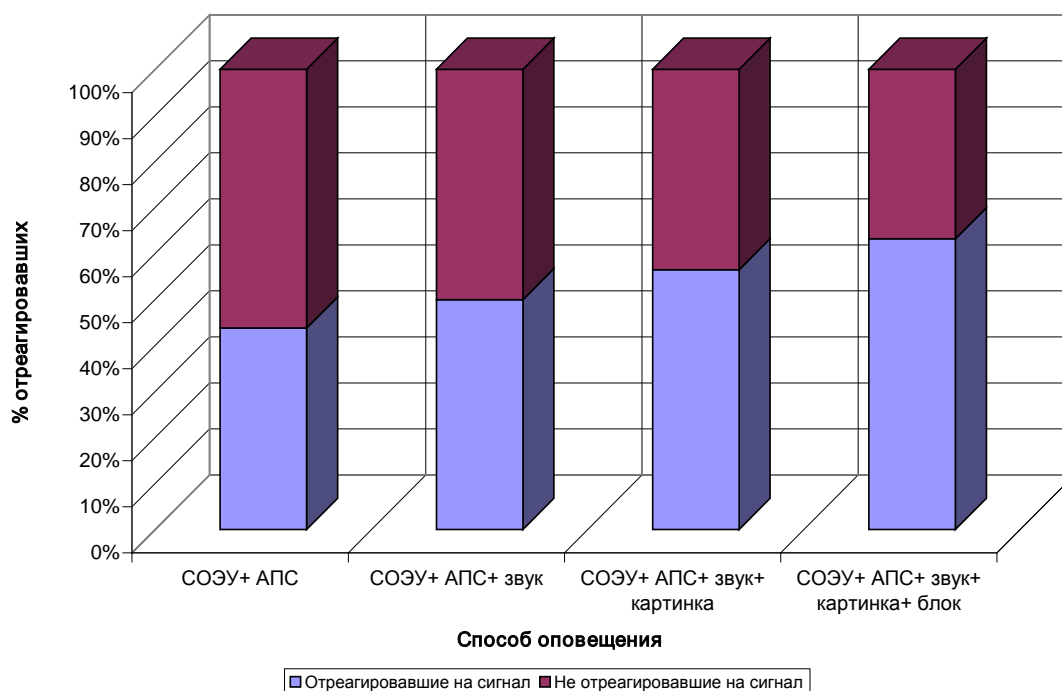


Рис. 1. Соотношение отреагировавших и не отреагировавших на сигнал через 0,5 мин после начала оповещения о пожаре, %

3. На основе полученных данных с использованием программы Pathfinder 2016 выполнено имитационное моделирование процесса эвакуации людей при пожаре из исследуемых зданий ОАО «РЖД».

Результаты расчета времени эвакуации работников для одного из исследуемых зданий приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты расчета времени эвакуации работников здания № 1 при различных способах оповещения**

Параметр	Стандартная АПС и СОУЭ	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук)	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук + картинка)	Стандартная АПС и СОУЭ + СОУЭ-ПК (звук + картинка + блокировка)
Минимальное значение времени реагирования на сигнал, с	0,1948	0,0926	0,0224	0,0420
Максимальное значение времени реагирования на сигнал, с	137,4000	90,2856	63,7500	35,6354
Среднее значение времени реагирования на сигнал, с	18,9667	16,3297	13,6012	8,9703
Среднеквадратичное отклонение, с	18,8405	15,9138	13,1233	8,5461
Количество эвакуированных	153	158	163	151
Фактическое время эвакуации людей, с	147,5	63,8	54,8	45,3

Динамика снижения времени эвакуации при использовании различных способов оповещения показана на рис. 2.

Проанализировав данные табл. 2 и рис. 2 можно сделать следующие выводы – при использовании только стандартного способа оповещения составляет 147,5 с; при частичном использовании (только звуковое оповещение) дополнительного способа оповещения (СОУЭ-ПК) – 63,8 с. что на 56,75 % меньше; при использовании звукового и визуального оповещения (СОУЭ-ПК) – 54,8 с. т. е. на 62,85 % меньше; при полном использовании дополнительного способа оповещения (СОУЭ-ПК) – 45,3 с. или на 69,29 % меньше.

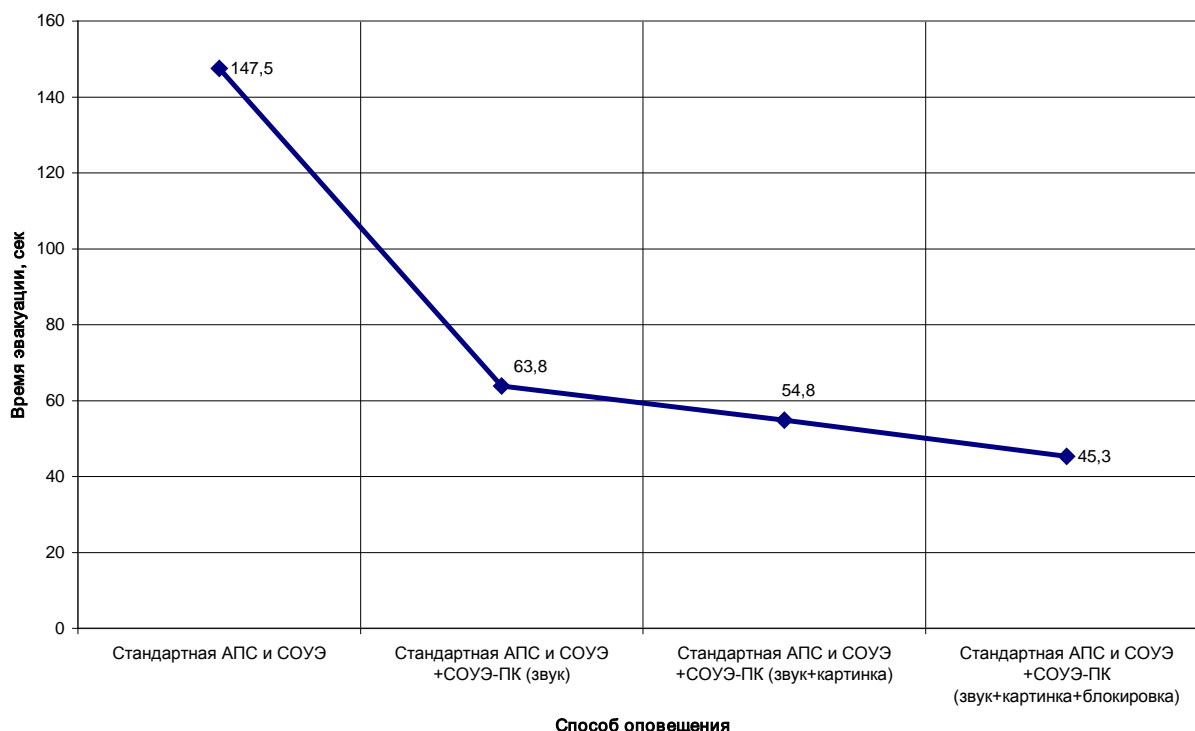


Рис. 2. Динамика снижения времени эвакуации людей при использовании различных способов оповещения в здании № 1

Данные полученные в результате исследования результатов внедрения дублирующего способа оповещения «СОУЭ-ПК» в систему противопожарной защиты действующих административных зданий ОАО «РЖД» наглядно демонстрируют эффективность предлагаемого способа и технического решения за счет снижения времени эвакуации людей из административных зданий, что в свою очередь снижает возможность воздействия опасных факторов пожара на работников в процессе эвакуации и сокращается количество потенциальных погибших из числа работников административных зданий ОАО «РЖД».

### Библиографический список

1. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. О нормировании времени прибытия пожарных подразделений к месту пожара // Журнал «Пожаровзрывобезопасность» Том 20 №9 Сентябрь 2011 г стр. 42-48.
2. Шархун С.В., Сирина Н.Ф., Махнев С.А. Анализ оснащённости подразделений пожарной охраны техническими средствами по спасению людей из высотного здания дорожного центра управления перевозками (ОАО «РЖД») [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина, С.А. Махнев// Техносферная безопасность. 2016. № 1. С. 33-36.
3. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : федер. закон Рос. Федерации от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ ; принят Гос. Думой 04.07.2008 г. ; одобр. Сов. Федерации 11.07.2008 г. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=132449> (дата обращения: 20.04.2017).

4. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности : утв. приказом МЧС России от 25.03.2009 г. № 173. [Электронный ресурс]. URL: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=88242> (дата обращения: 20.04.2017).
5. Шархун С.В., Брюхов Е.Н. Своевременное начало эвакуации при пожаре как основа ее эффективности [Текст] / С.В. Шархун, Е.Н. Брюхов // Безопасность жизнедеятельности. 2015. №5. С. 54-57.
6. Шархун С.В., Сирина Н.Ф. Снижение времени начала эвакуации при пожаре как основа обеспечения безопасности работников административных зданий ОАО «РЖД» [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина // Транспорт Урала. 2016. № 2. С. 34-38.
7. Шархун С.В., Сирина Н.Ф. О возможности применения дублирующего способа оповещения людей при пожаре на объектах инфраструктуры железнодорожного транспорта ОАО «РЖД» [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина // Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур : м-лы Международн. науч.-практ. конф. / под общ. ред. . В. Н. Алехина. – Екатеринбург, 2016. С. 301-305.
8. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре – ПК (СОУЭ-ПК) / Шархун С. В. : свид. № 2012617518; правообладатель: Шархун С. В.; заявка № 2012615195; дата поступления 22.06.2012 г.; зарег. в Реестре программ для ЭВМ 20.08.2012 г.
9. Шархун С.В. Средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе сетевых технологий [Текст] / С.В. Шархун // Пожаровзрывобезопасность. 2013. №2. С. 60-64.
10. Шархун С.В., Колбин Т.С., Ширинкин П.В. Средства оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре на основе сетевых технологий [Текст] / С.В. Шархун, Т.С. Колбин, П.В. Ширинкин // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы : м-лы. науч.-практ. конф. с международным участием. – Воронеж, 2012. С. 108-110.
11. Шархун С.В., Сирина Н.Ф., Штерензон В.А. Анализ эффективности интеграции дублирующего способа оповещения в систему управления инфраструктурой железнодорожного транспорта на примере зданий ОАО «РЖД» [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина, В.А. Штерензон // Транспорт Урала. 2017. № 1. С. 19-24.
12. Шархун С.В., Сирина Н.Ф., Штерензон В.А. О результатах натурного наблюдения за изменением времени реагирования персонала административных зданий ОАО «РЖД» на сообщение о пожаре при применении программного комплекса «СОУЭ-ПК» [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина, В.А. Штерензон // Техносферная безопасность. 2017. № 1. С. 13-18.
13. Шархун С.В., Сирина Н.Ф., Штерензон В.А. Математическое исследование применения программного комплекса «СОУЭ-ПК» в административных зданиях ОАО «РЖД» [Текст] / С.В. Шархун, Н.Ф. Сирина, В.А. Штерензон // Техносферная безопасность. 2017. № 1. С. 19-29.
14. Дюк В. В. Обработка данных на ПК в примерах. СПб. : Питер, 1997. 240 с.
15. Хан Г., Хапиро С. Статистические модели в инженерных задачах. М. : Мир, 1969. 395 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **БЕЗОПАСНОЕ ВЫПОЛНЕНИЕ ТАКЕЛАЖНЫХ РАБОТ ПРИ ПОМОЩИ ПОРТАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ**

*Толстель В. О.*

Уральский государственный университет путей сообщения,  
Екатеринбург, Россия, vyaches@mail.ru

*Алехин А. Н.*

Уральский государственный университет путей сообщения,  
Екатеринбург, Россия, alekhin.51@gmail.com

**Аннотация.** На сегодняшний день современные порталные системы претерпели ряд изменений. Они способны на электроприводах передвигаться по направляющим рельсам. При помощи гидравлических цилиндров способны не только удерживать, но и перемещать вертикально грузы больших масс. Портальные механизмы имеют сравнительно небольшой вес и способны устанавливаться при помощи погрузчика. Оператор и группа стропальщиков в момент сложных операций находятся на безопасном расстоянии. Синхронное управление происходит с дистанционного пульта. Опасная зона не превышает габариты самого такелажного механизма. При соблюдении всех требований установки порталной системы, выполнение такелажных и монтажных работ производится безопасно. При своевременном техническом осмотре и не совершении перегруза, порталная система - экологически чистый механизм, не загрязняющий окружающую среду, и не оставляющий после работы каких-либо отходов.

**Ключевые слова:** гидравлическая порталная система, система сдвига, поворотный круг.



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **SAFE IMPLEMENTATION OF RIGGING WITH HEIP OF PORTAL SYSTEM**

*Tolstel V. O.*

Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia,  
vyachec@mail.ru

*Alekhin A. A.*

Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russia,  
alekhin.51@gmail.com

**Abstract.** The modern portal systems have undergone a number of changes, currently. It is able to moving along the guide rails with electric drives. Using a help of the hydraulic cylinders, it has ability not only to keep a heavy load, but also it has ability to vertical moving this load. Portal mechanisms have a relatively low weight and it can be installed with a loading appliance. An operator and a group of slingers have stood a safe distance when complex operations are taking place. The operator uses a remote console for purpose to a synchronous control. The dangerous area doesn't exceed the rigging mechanism dimensions. If all of the portal system installation requirements are completed, then a work performance of rigging and installation works is safe. If maintenance staff is doing an engineering inspection timely and they don't work with overweight, then the portal system is an environmentally friendly mechanism doesn't polluting the environment.

**Key words:** hydraulic portal system, slide system, turntable.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В России, как и в других развитых странах, народное хозяйство претерпело существенные изменения. Увеличение населения способствует большому потреблению электроэнергии, продуктов топливной, машиностроительной, легкой промышленности. Предприятия страны вынуждены закупать новейшее технологическое оборудование за рубежом. Очень часто оборудование имеет большую массу: сотни, а то и тысячи тонн. Для осуществления транспортировки оборудования до пункта назначения разрабатываются целые проекты. Для осуществления такелажных работ, такие проекты еще более необходимы. И если на заводе-изготовителе присутствуют мостовые и козловые краны для упаковки «посылки», то в местах установки этого оборудования кранов нужной грузоподъемности может и не быть. Аренда крана большой грузоподъемности может оказаться не рентабельной для всего проекта, из-за чего идею закупки и монтажа такого оборудования не будут развивать. Порой для выполнения простых операций по подъёму и опусканию тяжеловесного груза требуется в течение месяца собирать кран, и потом в течение такого же количества времени его разбирать, хотя весь процесс такелажных работ длится не более четырех часов. Не каждая организация может позволить себе проведение таких дорогостоящих и трудоемких операций по монтажу оборудования [1].

Целью данной статьи является обзор современных грузоподъемных устройств, позволяющих вести работы по подъему и перемещению крупногабаритного оборудования большой массы в стесненных условиях.

В ситуации, когда задействовать существующие на реконструируемом предприятии оборудование не представляется возможным, на помощь приходят современные порталные гидравлические системы. Порталы, как такелажные средства, в нашей стране и во всем мире используются очень давно. Они представляют собой стационарную раму, к балке которой подвешивается система блоков. Подъем или опускание груза происходит по средствам натяжения троса. На митинге по пуску первого агрегата на Саяно-Шушенской ГЭС показана одна из таких систем (см. рис. 1).

В наше время порталы претерпели ряд изменений. Тросовые лебедки заменили на гидравлические цилиндры. Опускание двух, а чаще четырех порталных стоек синхронно происходит через масляную станцию. Для выполнения операций требуется всего один оператор, который с пульта управления координирует движение. Движение груза может происходить и в горизонтальной поверхности. Для этой цели каждая «нога портала» снабжена колесами с электроприводом. На хребтовых балках расположены каретки для изменения положения груза относительно стоек. Сборка всей порталной системы занимает от двух часов. Сложность сборки заключается в установке в горизонтальное положение направляющих, по которым движется сам портал. Направление не фиксируется

относительно поверхности в отличие от рельсов подкрановых путей башенного крана [3]. Они не требуют полного соприкосновения с основанием, работая на изгиб (см. рис. 2).



Рис. 1. Портальная система для приёма тяжелых агрегатов с баржи [2]



Рис. 2. Установка в проектное положение корпуса сушилки при помощи портальной системы. Завод «Кроношпан» г. Уфа. Масса корпуса 395тонн (фото автора)

После грандиозной «Советской стройки» осталось много промышленных зданий и сооружений. Большее количество было разобрано или пришла в негодное состояние. Но есть и такие, которые получают путевки в «новую жизнь» посредством реконструкции или реновации предприятий: заливаются новые фундаменты и полы, устанавливается новое остекление. Но для начала нужно вывести прежнее оборудование. Как правило, все элементы оборудования металлические, поэтому они с легкостью разрезаются и отправляются на металлолом. Так происходит с оборудованием, моральный износ которого настолько велик, что дальнейшее его использование нецелесообразно, но бывают прессовые и карусельные станки, турбины, которые еще можно использовать [4]. В этом случае, организация, осуществляющая работы по реконструкции предприятия, может столкнуться с некоторыми техническими проблемами. Например, пресс может находиться в прямке и просто выкатить его на телеге не удастся – нужно поднимать его, кантовать. Все эти процессы, как правило, происходят в крайне стесненных условиях, демонтаж оборудования осуществляется в непосредственной близости к несущим конструкциям здания, не говоря уже о слабых, разрушенных полах и маленьких воротах, в габариты которых вписывается с трудом сам станок [5]. В таких случаях целесообразно применять порталы. Посредством опоры на четыре ноги портал безопасно поднимет, произведет кантование и опустит станок на грузовые тележки. Монтаж необходимо осуществлять опытным монтажникам под постоянным контролем руководителя работ. Такелажные работы должны выполняться по «Проекту производства работ», в котором необходимо до миллиметра рассчитать все перемещения монтажного оборудования.

После демонтажа устаревшего оборудования и производства усиления или замены конструкций каркаса здания, на забетонированные новые фундаменты, устанавливают новейшую технологическую линию, габариты которой могут не вписаться в размеры старого здания, конструкции которого для данных целей не возводился. В таких случаях, использование портала может быть невозможно, а выполнить данную операцию можно, используя систему сдвига (см. рис. 3).

Основное преимущество данной системы – это небольшая высота. Система сдвига или слайд-система, как ее еще называют, состоит из двух направляющих квадратной профилированной трубы высокой прочности. На направляющие устанавливаются опорные столики в виде пластин. Чтобы снизить трение между столиком и полозьями наносится графитовая краска. Перемещение столика происходит путем выдавливания гидравлических цилиндров. Цилиндры компактно расположились между профилированными трубами. Трубы настолько прочны, что способны работать на изгиб (см. рис. 4).





Рис. 3. Схема сборки системы сдвига – слайд система

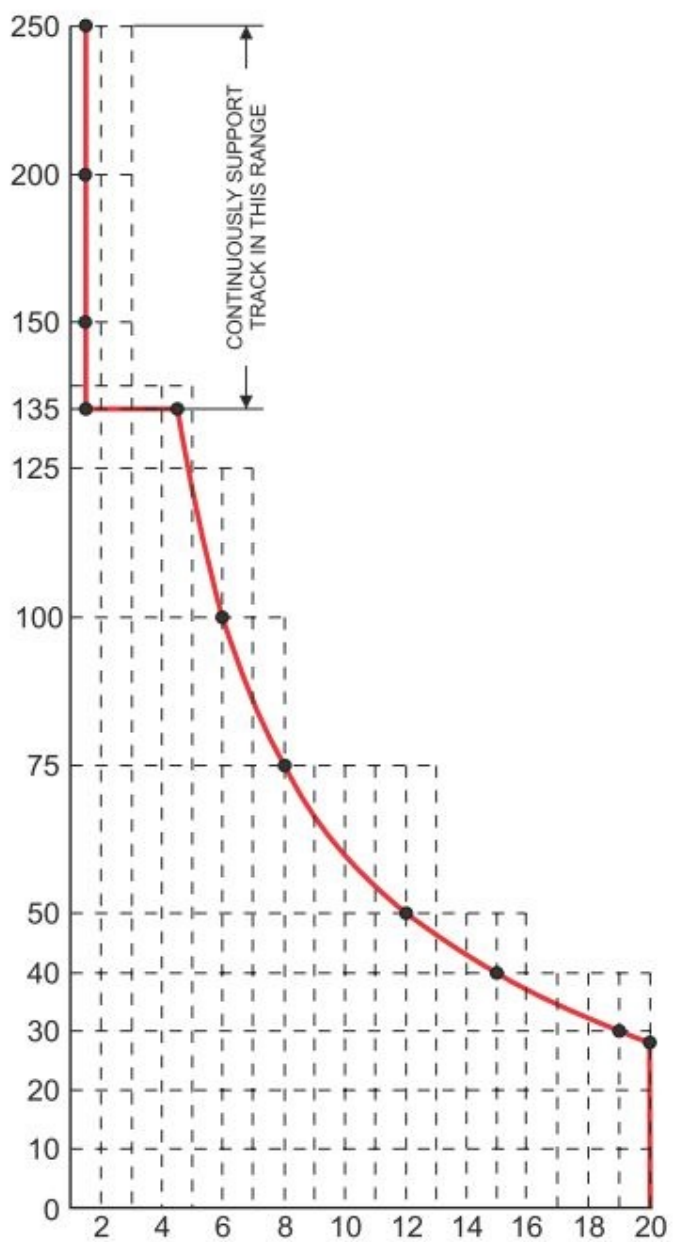


Рис. 4. График зависимости груза (по вертикальной оси) от пролетного расстояния системы сдвига

Данная система очень удобна при перемещении через кабельные каналы, прямки, при переезде станков с грузовой платформы вагона поезда на автотранспорт [6]. Конечно, существует давно испытанные системы гидротолкателей [7]. Их применяют для перемещения трансформаторов массой 50–250 тонн. Слайд-система способна транспортировать груз 450–1000 тонн. Для монтажа и перемещения грузов с защитными кожухами, у которых опорная часть на маленьких ножках, система сдвига практически незаменима [8]. Кроме прочего, к слайд-системе прилагается поворотный круг, значительно упрощающий монтаж груза при помощи такой системы и увеличивающий ее возможности при монтаже грузов в стесненных условиях (см. рис. 5). Так, с помощью поворотного круга можно развернуть трансформатор в горизонтальной плоскости.

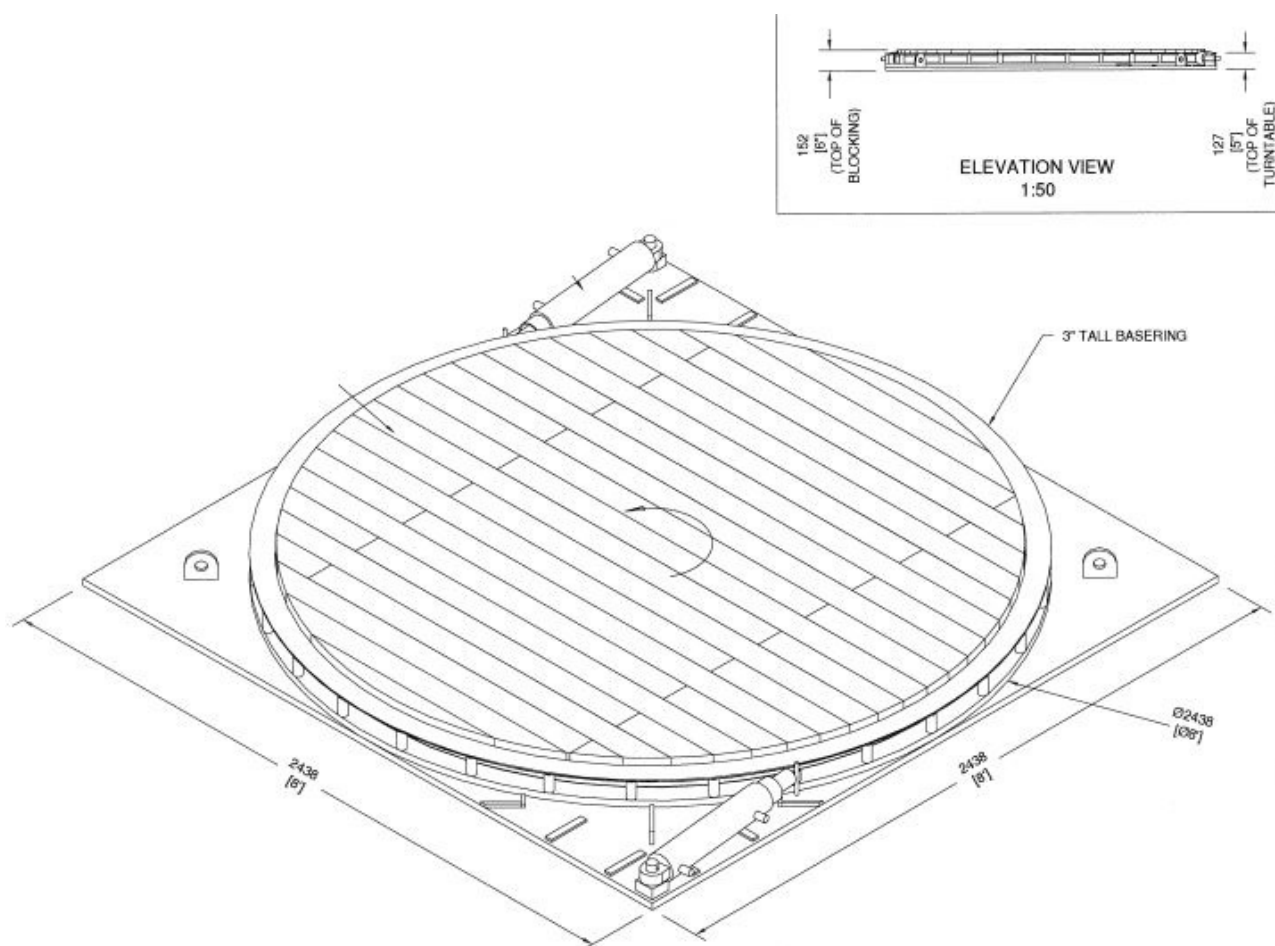


Рис. 5. Поворотный круг

Бытует ошибочное мнение, что достаточно иметь портал, а сработает он сам по себе. К сожалению, как показывает практика, этого недостаточно [9]. Характеристики порталной системы выдают максимально заявленные значения в определенных условиях, как и любой

другой такелажный механизм. Как правило, эти условия необходимо создать. Над этими задачами трудятся опытные инженеры. Они способны в кратчайшие сроки произвести расчёты и подобрать оборудование и при необходимости предложить варианты усиления существующих конструкций и основания.

С появлением порталных гидравлических механизмов решение задач для инженеров-проектировщиков существенно упростилось [10]. При использовании порталных приспособлений не требуется проектирование сложных рам из прокатного профиля, конструирование и подбор блоков для сложной системы полиспастов. Теперь не нужно ломать голову над тем как подать мостовой кран на высоту 10 метров, практически, под самые фермы, не обязательно просчитывать и нагружать каркас. Следовательно, легче обеспечивать надежное выполнение работ, с соблюдением всех норм и требований безопасности.

Гидравлические порталные системы и система сдвига на российском рынке существуют уже около 10–20 лет. За данный период многие заказчики и действующие инженеры оценили преимущества использования данных систем. Данные системы, как показывает практика их использования, соответствуют российским нормам и способны обеспечить безопасное выполнение сложных монтажных и такелажных работ.

### Библиографический список

1. Колескин Р. ТЭЦ «Академическая год спустя» / Областная газета. №25 (7591) Екатеринбург.: 2015
2. Саяно-Шушенская ГЭС готовится отметить 35-летний юбилей. [Электронный ресурс] // Официальный сайт муниципального образования город Саяногорск. — Саяногорск., 2013. — URL: <http://www.sayan-adm.ru/news/3314/4735/4769.html> (дата обращения: 28.04.17).
3. Ройтман В. М., Умнякова Н. П., Чернышева О. И., Безопасность труда на объектах городского строительства и хозяйства при использовании кранов и подъемников / Учебно-методическое, практическое и справочное пособие. М.: 2005г.
4. Демонтаж, перемещение и монтаж токарно-карусельного станка в Нижнем-Тагиле. [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «100 ТОНН МОНТАЖ». — Екатеринбург., 2016. — URL: <http://100tonn.com/ru/demontazh-peremeshhenie-i-montazh-tokarn> (дата обращения: 5.05.17).
5. ПАО Северсталь. [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «100 ТОНН МОНТАЖ». — Екатеринбург., 2015. — URL: <http://100tonn.com/de/zaversheny-raboty-na-yeekologicheskoy-pr> (дата обращения: 5.05.17).
6. Выгрузка, сборка, перемещение и установка в проектное положение прессы Panston [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «100 ТОНН МОНТАЖ». — Екатеринбург., 2015. — URL: <http://100tonn.com/ru/demontazh-peremeshhenie-i-montazh-tokarn> (дата обращения: 5.05.17).
7. Устройство для перемещения тяжеловесного оборудования по рельсам [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «Энерпром». — Москва., 2016. — URL: <http://www.enerprom.ru/prod/69.html> (дата обращения: 5.05.17).
8. Установка ГТУ-3 Alstom на Челябинской ГРЭС [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «100 Тонн монтаж». — Екатеринбург., 2015. — URL: <http://100tonn.com/de/ustanovka-gtu-3-alstom-na-chelyabinskoy-gryes> (дата обращения: 5.05.17).

9. Гааб А. Такелаж и гидравлические подъемные системы / Основные средства. М.: РИА «Россбизнес» 05.2016. 96 с.
10. Hydraulisch hijssysteem [Электронный ресурс] // Официальный сайт компании «HEAVY». — Бельгия., 2015. — URL: <http://www.heavy.be/nl/materiaal/hijsportalen> (дата обращения: 5.05.17).



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

# **СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЖИЛЫХ И АДМИНИСТРАТИВНЫХ ЗДАНИЙ**

*Кисельникова Н. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, kiselnikova-93@mail.ru

*Ямов В. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, stroypolytech@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассматриваются причины и факторы эксплуатационных повреждений жилых и административных зданий. Материалы данной статьи приводятся на основании технических заключений по экспертизам жилых и административных зданий.

**Ключевые слова:** реконструкция, систематизация, повреждения.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**OPERATIONAL DAMAGES  
SYSTEMATIZATION OF RESIDENTIAL AND  
ADMINISTRATIVE BUILDINGS**

*Kiselnikova N. Y.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, [kiselnikova-93@mail.ru](mailto:kiselnikova-93@mail.ru)

*Yamov V. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, [stroypolytech@gmail.com](mailto:stroypolytech@gmail.com)

**Abstract.** The article deals with the causes and factors of operational damage to residential and administrative buildings. The materials of this article are given on the basis of technical conclusions on the examination of residential and administrative buildings.

**Key words:** reconstruction, systematization, damage.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

При эксплуатации зданий первостепенное значение отводится обеспечению безотказной работы всех конструкций и систем в течение не менее нормативного срока службы, а также правильной и своевременной оценке их технического состояния, выявлению дефектов и начала повреждений. Это необходимо для сохранности сооружений при минимальном расходе сил, средств и планомерной работы эксплуатационно-ремонтных подразделений.

Чаще всего здания, их конструктивные элементы и оборудование преждевременно выходят из строя в результате воздействия не одного, а суммарного воздействия многих факторов; это прежде всего увлажнение и переменные температуры, а также механическое, химическое, биологическое и другие воздействия. При этом заметное влияние одного какого-либо фактора обычно способствует резкому усилению воздействия на конструкции иных факторов.

Повреждения строительных конструкций вызываются рядом причин, среди которых: технические недоработки изготовления, низкое качество монтажа, неучтенные проектом силовые и температурные воздействия, нарушение условий эксплуатации. К наиболее характерным повреждениям, образующимся при эксплуатации зданий, обычно относятся коррозия стальных и железобетонных конструкций, увлажнение конструкций и образование трещин в железобетонных и каменных конструкциях.

### **Увлажнение конструкций**

Влага является наиболее распространенным и сильно действующим фактором в износе строительных конструкций. Ее воздействие усиливается, если в ней содержатся агрессивные примеси, а также происходят колебания температуры. При эксплуатации зданий часто приходится встречаться с увлажнением стен первого этажа из-за повреждения гидроизоляции и подсоса влаги; это приводит к развитию физико-химических процессов в конструкциях и нарушению температурно-влажностного режима в помещениях [1].

Увлажнение конструкций вызывается и другими причинами:

- выпадением зимой конденсата при недостаточной толщине стен;
- завышенной по сравнению с расчетной объемной массой (плотностью) материала конструкций;
- большими колебаниями температуры воздуха в течение суток;
- действием атмосферных осадков.

Высокая влажность воздуха в помещениях способствует развитию микроорганизмов. Грибы и плесень, интенсивно поражающие стены сырых помещений и оборудование, придают воздуху неприятный запах, нарушают санитарно-гигиенические условия труда.

Пребывание людей во влажных помещениях вызывает повышенную отдачу тепла, уменьшает выделение влаги кожей и легкими, что отрицательно сказывается на жизнедеятельности. Металл в таких условиях подвергается коррозии. В зданиях с нормальным температурно-влажностным режимом сухие кирпичи стены имеют массовую влажность около 3–4%. Если же она достигает 6 % и более, то такие помещения считаются непригодными для длительного пребывания людей (бани, некоторые производственные здания). Увлажнение конструкций при наличии трещин в защитном слое железобетонных конструкций, способствует коррозии закладных деталей и связей, арматуры, снижая надежность и долговечность зданий.

### Трещины в каменных конструкциях

Кирпичная кладка, как и бетон, хорошо сопротивляется сжатию и значительно хуже растяжению. В результате этого на растянутой поверхности кладки задолго до разрушения появляются трещины. Имеются также и другие факторы, способствующие образованию трещин, приведенные на рис. 1.



Рис. 1. Классификация факторов, вызывающих образование трещин

### Коррозия металлических конструкций

Коррозионное разрушение металла является одной из существенных причин потери работоспособности и снижения долговечности металлических конструкций. Коррозией называется окислительно-восстановительный процесс разрушения металлов и сплавов в результате взаимодействия с окружающей средой. Основные виды коррозии приведены на рис. 2.

Проблема долговременной защиты стальных строительных конструкций от коррозии в настоящее время приобрела достаточно актуальное значение. Это связано с высокой стоимостью проката и изготовления стальных конструкций, а также работ по восстановлению защитных покрытий в процессе эксплуатации сооружения. Очень простой, надежный метод антикоррозионной защиты – это поверхностное нанесение лакокрасочных покрытий. Чтобы снять ранее нанесенное лакокрасочное покрытие, используют следующие методы: химический, термический или механический. Химический метод производится благодаря специальным «смывкам» – агрессивным вязким жидкостям, позволяющим весьма эффективно удалять ЛКП с любых поверхностей. Наносят химическую «смывку» щеткой или кистью, у которой не должно быть пластмассовых деталей. Термический способ заключается в нагревании краски с помощью горелки на ацетиленокислородной смеси, вследствие чего она вспучивается. Далее остается только снять старую краску. Механический метод очистки заключается в ручном способе удаления ЛКП с помощью каких-либо абразивных материалов, например, дроби, песка, наждачной бумаги, либо применения электрического или пневматического инструмента [2].

Наиболее эффективным в длительной антикоррозионной защите стали является метод металлизации. Термическое напыление металлических покрытий – это процесс нанесения расплавленного металла на основу (грунтовку) до проектирования. Как применяемые методы нанесения, так и сами металлы могут быть разными, главное, чтобы в результате на поверхности оставалось тонкое, устойчивое к коррозии и абразивному действию, покрытие, которое улучшает свойства поверхности.

При данных повреждениях конструкции остаются ремонтпригодными, как указано в ВСН 58-88(р) Прил. 3, но в межремонтные сроки нуждаются в их уточнении на основании анализа технических экспертиз.

Взаимный обмен информацией на всех стадиях строительного цикла сооружений, особенно изучение, анализ, обобщение и распространение эксплуатационного опыта, – играют ответственную роль в улучшении качества работ на всех этапах строительного цикла, предотвращении преждевременного износа, внезапных отказов и повреждений сооружений. Это вынуждает внесение уточнения положений в составе ВСН 58-88.

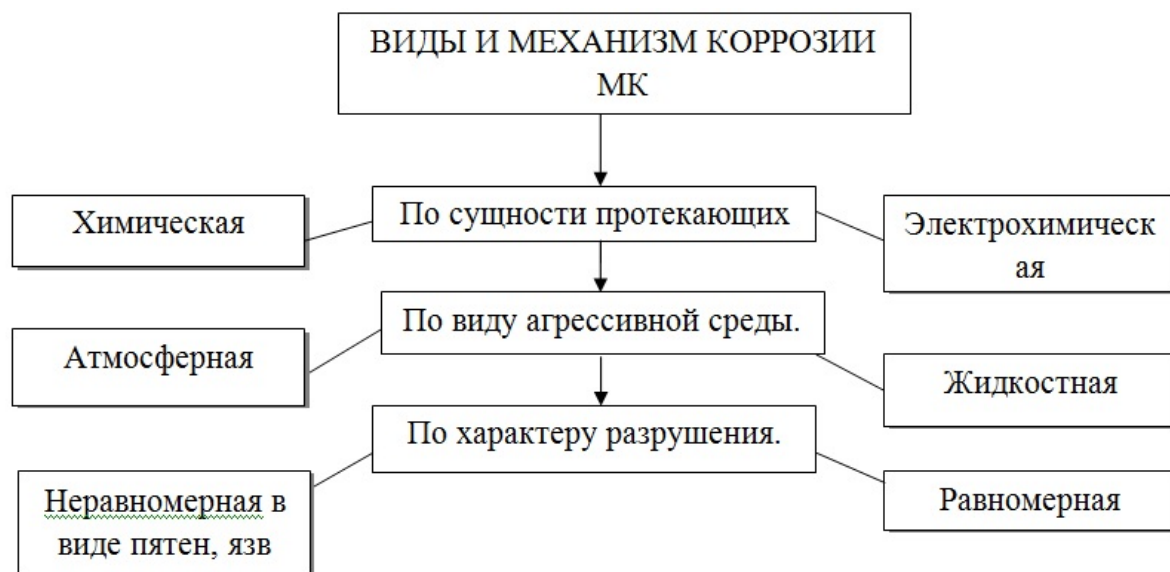


Рис. 2. Виды коррозии металлических конструкций

Материалы данной статьи приводятся на основании технических заключений по экспертизам жилых и административных зданий, проведенных кафедрой «Промышленное, гражданское строительство и экспертиза недвижимости» в течение последних 10 лет.

#### Библиографический список

1. Гучкин И.С. «Диагностика повреждений и восстановление эксплуатационных качеств конструкций»/ Москва Издательство АСВ, 2001г.
2. Абрамян С. Г. «Реконструкция зданий и сооружений: основные проблемы и направления».

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРИМЕНЕНИЕ ПЕРВИЧНЫХ СРЕДСТВ  
ПОЖАРОТУШЕНИЯ ДЛЯ РАСЧЕТА  
ПОЖАРНОГО РИСКА**

*Кожевин Д. Ф.*

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург,  
Россия, yagmort\_kdf@mail.ru

*Новиков В. Р.*

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург,  
Россия, novikovvr@mail.ru

*Поляков А. С.*

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург,  
Россия, poljakov\_as@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам обеспечения пожарной безопасности на объектах нефтегазового комплекса с учетом применения первичных средств пожаротушения и их влияния на величину пожарного риска, также предложен вариант тушения пролива нефтепродуктов с одновременным применением нескольких огнетушителей, проведен анализ применяемости первичных средств пожаротушения при оценке пожарного риска, не только в России, но и за рубежом.

**Ключевые слова:** пожарный риск, первичные средства пожаротушения, огнетушитель, нефтегазовый комплекс.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **APPLICATION OF PRIMARY EXTINGUISHING MEDIA FOR FIRE RISK CALCULATION**

*Kozhevin D. F.*

Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia, Saint-Petersburg, Russia, yagmort\_kdf@mail.ru

*Novikov V. R.*

Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia, Saint-Petersburg, Russia, novikovvr@mail.ru

*Polyakov A. S.*

Saint-Petersburg University of State Fire Service of Emercom of Russia, Saint-Petersburg, Russia, poljakov\_as@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the issues of ensuring fire safety at oil and gas facilities taking into account the use of primary fire extinguishing means and their influence on the magnitude of fire risk. A variant of extinguishing oil products spillage with simultaneous application of several fire extinguishers was also proposed; an analysis was made of the applicability of primary fire extinguishing means in assessing fire risk, not only in Russia, but also abroad.

**Key words:** fire risk, basic firefighting, fire extinguisher, oil and gas sector.



В соответствии с требованиями ст. 5 [1]. Каждый объект защиты должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности. Целями ее создания являются:

- предотвращение пожаров;
- обеспечение безопасности людей;
- защита имущества при пожаре.

Эта система в обязательном порядке должна содержать комплекс мероприятий, исключающих возможность превышения значений допустимого пожарного риска, установленного [1], и направленных на предотвращение опасности причинения вреда третьим лицам в результате пожара.

Для того чтобы объект защиты соответствовал требованиям пожарной безопасности должны выполняться следующие условия ст. 6 [1]:

- в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом "О техническом регулировании", и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом;
- в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом «О техническом регулировании», и нормативными документами по пожарной безопасности.

Сравнение отечественного опыта расчета пожарного риска [3, 4] и иностранного [12, 13] показало, что определение расчетных величин на объектах осуществляется комплексно. В данных комплекс входят:

- анализ пожарной опасности объекта;
- определение частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- наличие систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений.

Но, ни одна из рассматриваемых методик не предусматривает наличие первичных средств пожаротушения на объектах защиты. Однако при анализе пожарной опасности зданий рекомендовано учитывать возможное применение огнетушителей.

Характерно, что критерии эффективности применения первичных средств пожаротушения отсутствуют в этих документах и в опубликованных работах. В связи с этим существует необходимость оценки роли первичных средств пожаротушения в противопожарной защите объектов и учета влияния их на величину пожарного риска в отечественных методиках [3, 4].

Для определения величины пожарного риска в Российской Федерации используются две методики:

- методика для производственных объектов [3];
- методика для общественных и жилых зданий [4].

Поэтому авторами были разработаны предложения по учету огнетушителей при расчете величины пожарного риска в каждой из этих методик.

Предложения по учету огнетушителей для производственных объектов изложены ниже.

Огнетушители на производственных объектах (хранение ЛВЖ и ГЖ) следует применять, как правило, на начальной стадии возгорания до тех пор, пока оно не перешло в пожар и не привело к значительным материальным потерям. Однако, использование огнетушителей целесообразно только в случае разлива нефтепродуктов с высокой температурой вспышки, например, дизельного топлива или гидравлического масла, так как паров над зеркалом жидкости недостаточно для мгновенного зажигания, а возможно только задержанное зажигание с последующим пожаром пролива.

Согласно с п. 52 [7] при использовании сценарных схем развития аварий необходимо учитывать свойства нефти, нефтепродукта, так как некоторые физические процессы могут происходить, только если характеристики жидкой фазы находятся в определенном диапазоне, в связи с чем, для дизельного топлива и аналогичных жидкостей реализуется только один вариант горения - горение пролива.

Исходя из вышеизложенного, следует учитывать наличие огнетушителей при расчете пожарного риска на объектах нефтегазового комплекса.

В настоящее время при расчете величины пожарного риска учитывается, в том числе наличие систем автоматического пожаротушения [8], причем влияние этих систем на величину пожарного риска определяется при построении логического дерева событий. По аналогии с этими системами при построении деревьев событий следует рассматривать и наличие огнетушителей.

При построении логического дерева событий требуется учитывать многие факторы, например:

- пожароопасные ситуации, приводящие к авариям и дальнейшему распространению пожара;
- вероятности распространения пожара и различные условия его развития, в зависимости от окружающей обстановки;
- условия, которые позволят предусмотреть возможные сценарии развития пожара в зависимости от применяемых мер по его тушению.

Для проведения расчетов следует определить численное значение вероятности эффективного срабатывания огнетушителя, которая будет зависеть от вероятности его срабатывания, вероятности нахождения оператора рядом с местом аварии, вероятности умения применять огнетушитель и эффективности самого огнетушителя.

Эффективность применения огнетушителей имеет вид:

$$P_{\text{эф}} = P_{\text{раб}} \cdot \Xi,$$

где  $\Xi$  – эффективность тушения;

$P_{\text{раб}}$  – вероятность срабатывания огнетушителя.

Причем при определении эффективности тушения необходимо учитывать возможность одновременного применения нескольких огнетушителей несколькими операторами. Для этого следует определить математическое ожидание от тушения имеющейся площади пролива одним огнетушителем.

Так как площадь тушения, как правило, не имеет определенно очерченных границ и определяется ориентировочно, то возможно применение приближенных расчетов применения огнетушителей при тушении.

В качестве основных допущений принимается, что площадь тушения и площадь рассеивания имеют форму круга, тогда средняя эффективность тушения от применения одного огнетушителя составит [9]:

$$\Xi = \frac{S_{\text{т}}}{S_{\text{р}}}$$

где  $S_{\text{т}}$  – площадь тушения,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{р}}$  – площадь рассеивания,  $\text{м}^2$ .

В случае, когда имеется возможность одновременного применения нескольких огнетушителей средняя эффективность тушения примет вид [9]:

$$\Xi(n) = 1 - \prod_{i=1}^n (1 - \Xi_i)$$

где  $\Xi_i$  – средняя эффективность тушения площади  $i$ -ым огнетушителем;

$n$  – количество используемых огнетушителей.

Применение двух огнетушителей при тушении очага пожара показано на рис. 1.

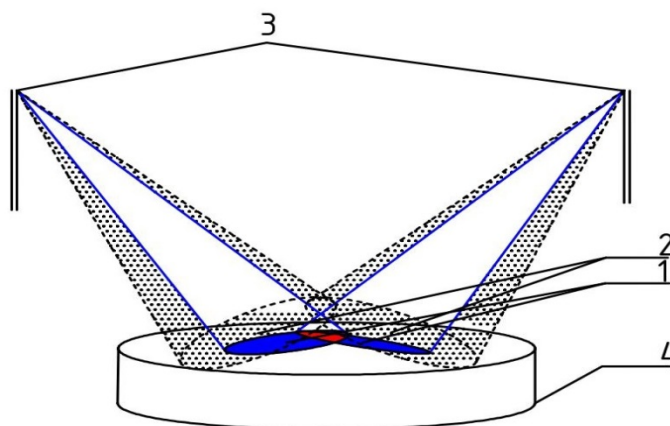


Рис. 1. Применение двух огнетушителей: 1 – площадь тушения ( $S_t$ ), м<sup>2</sup>; 2 – площадь рассеивания ( $S_p$ ), м<sup>2</sup>; 3 – огнетушители; 4 – очаг пожара

Исходя из вышеизложенного для двух типовых объектов нефтебаз, например помещений тарного хранения дизельного топлива, где работает одинаковое количество человек и размещены огнетушители одинакового типоразмера эффективности применения огнетушителей, численно будет больше там, где их размещено больше.

Вероятность реализации сценария напрямую влияет на величину пожарного риска, т.е. в помещении, где находится больше огнетушителей величина пожарного риска будет численно меньше.

Таким образом, применение предлагаемого способа оценки эффективности применения первичных средств пожаротушения на производственных объектах нефтебаз, улучшит качество анализа пожарной опасности объекта, позволит уменьшить величину пожарного риска.

Предложения по учету огнетушителей для общественных зданий изложены ниже.

Как известно, величину потенциального риска  $P_i$  (год<sup>-1</sup>) в  $i$ -том помещении здания или пожарного отсека здания объекта определяют по формуле [4]:

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{dij}, \quad (1)$$

где  $J$  – число сценариев возникновения пожара в здании;

$Q_j$  – частота реализации в течение года  $j$ -го сценария пожара, год<sup>-1</sup>;

$Q_{dij}$  – условная вероятность поражения человека при его нахождении в  $i$ -ом помещении при реализации  $j$ -го сценария пожара.

Из анализа уравнения (1) следует, что уменьшить величину потенциального риска можно при снижении частоты реализации пожара ( $Q_j$ ) за счет эффективной работы первичных средств пожаротушения на начальном этапе тушения, однако настоящее время такие сведения не накоплены.

С этой целью обработаны и проанализированы официальные статистические данные о применении первичных средств пожаротушения в г. Санкт-Петербурге за 2014-2015 годы.

Из статистических данных следует:

- наиболее часто применяемыми и эффективными средствами борьбы с пожарами на начальной стадии их развития являются подручные средства (более 65 % случаев), законодательно не признанные;
- переносные и передвижные огнетушители применены не менее чем в 30,78 % случаев пожаров;
- пожарные краны, установленные на внутреннем противопожарном водопроводе зданий и сооружений, играют незначительную роль при тушении пожаров (до 1,29 %);
- при оценке величины пожарного риска во внимание следует принимать только применение огнетушителей (с частотой до 30 %) и пожарных кранов (с частотой до 1 %).

На основании обработанных данных можно сделать вывод, что при расчете потенциального пожарного риска следует рассматривать как один из возможных сценариев развитие пожара с применением первичных средств пожаротушения. Первичные средства пожаротушения применяются не менее чем в 30 % случаев тушения.

На основании вышеизложенного сравнение первичных средств пожаротушения можно определять по формуле

$$K_{\text{эф}}^{\text{ПСПТ}} = \frac{Q_{\text{ВПП}}^{\text{норм}}}{Q_{\text{ВПП}} + n \cdot Q_{\text{огнет}}},$$

где  $K_{\text{эф}}^{\text{ПСПТ}}$  – коэффициент эффективности первичных средств пожаротушения;

$Q_{\text{ВПП}}^{\text{норм}}$  – теплота, поглощаемая водой из нормативного количества стволов с нормативным расходом;

$Q_{\text{ВПП}}$  – теплота, поглощаемая водой из фактического количества стволов с фактическим расходом;

$Q_{\text{огнет}}$  – теплота, поглощаемая огнетушителями, применяемыми на объекте;

$n$  – количество огнетушителей, применяемых на объекте.

Чем меньше значение коэффициента  $K_{\text{эф}}^{\text{ПСПТ}}$ , тем эффективнее применяемые первичные средства пожаротушения:

$$K_{\text{эф}}^{\text{ПСПТ}} \cdot (1 - K_{\text{ср}}^{\text{ПСПТ}}).$$

$K_{\text{ср}}^{\text{ПСПТ}}$  – вероятность срабатывания соответствующего первичного средства пожаротушения (данное значение принимается для внутреннего противопожарного

водопровода с учетом статистических данных (0,8), а для огнетушителей будет определяться с учетом заданной величины при испытаниях.

Наличие и применение первичных средств пожаротушения влияет на частоту реализации в течение года сценария пожара (т.е. частоту пожаров на данных объектах), т.к. если на начальной стадии пожара возгорание будет ликвидировано, то частота пожаров будет меньше.

В формулу (1) добавляем произведение  $K_{эф}^{ПСПТ} \cdot (1 - K_{ср}^{ПСПТ})$  и она примет вид:

$$P_i = \sum_{j=1}^J Q_j \cdot Q_{dij} \cdot (K_{эф}^{ПСПТ} \cdot (1 - K_{ср}^{ПСПТ})).$$

Результатом применения дополнительного комплекса будет уменьшение величины условной вероятности поражения человека при применении первичных средств пожаротушения.

Таким образом, применение предлагаемого способа оценки эффективности применения первичных средств пожаротушения на различных объектах, улучшит качество анализа пожарной опасности объекта, позволит уменьшить величину пожарного риска и разрешит проблему взаимозаменяемости внутреннего противопожарного водопровода на огнетушители, так как будут выполняться обязательные требования [1].

### Библиографический список

1. Годовой отчет о деятельности Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору за 2011-2016 гг., [http://www.gosnadzor.ru/public/annual\\_reports/](http://www.gosnadzor.ru/public/annual_reports/)
2. Федеральный закон «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» от 21.07.1997 N 116-ФЗ принят государственной думой 20 июня 1997 года (с изм. и доп., вступающими в силу с 01.07.2013)
3. Приказ МЧС России № 404 от 10.07.2009 г. «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». <http://www.mchs.gov.ru/document/4453379>
4. Приказ МЧС России № 382 от 30 июня 2009 г. «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», [http://www.mchs.gov.ru/law/Normativno\\_pravovie\\_akti\\_Ministerstva/item/5380580](http://www.mchs.gov.ru/law/Normativno_pravovie_akti_Ministerstva/item/5380580)
5. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», <http://www.mchs.gov.ru/document/3485819>
6. Правила противопожарного режима в Российской Федерации. Утверждены Постановлением Правительства РФ от 25 апреля 2012 г. № 390, [http://www.mchs.gov.ru/law/Postanovlenija\\_Pravitelstva\\_RF/item/5379545](http://www.mchs.gov.ru/law/Postanovlenija_Pravitelstva_RF/item/5379545)
7. ВППБ 01-04-98. Правила пожарной безопасности для предприятий и организаций газовой промышленности, Правила разработаны ОАО "Газпром" (П.В.Куцын, Н.А.Яковенко, А.С.Шалабанов, Г.М. Дмитриев, М.С. Федоров, И.И. Иванов, Р.М. Тагиев), ВНИИПО МВД РФ

- (Г.А. Ларцев), ГУГПС МВД РФ (В.П. Молчанов, Ю.И. Логинов, В.Я. Кручков). Зарегистрированы: письмо ГУГПС МВД РФ от 14.08.1998г. N20/2.2/б/нП.
8. ВППБ 01-01-94. Правила пожарной безопасности при эксплуатации предприятий нефтепродуктообеспечения, Сучков В.П., канд.техн.наук (руководитель темы); Клубань В.С., канд.техн.наук; Соснин Б.С.; Логинов Ю.И.; Молчанов В.П. СОГЛАСОВАНЫ письмом Главного управления Государственной противопожарной службы МВД России N 20/2.1/1645 от 27 сентября 1994 г. зарегистрированы Главным управлением государственной противопожарной службы МВД России. Регистрационный шифр - ВППБ 01-01-94 утверждены и введены в действие приказом Министерства топлива и энергетики Российской Федерации от 13 июня 1995 г. N 130.
  9. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 17 июня 2016 г. № 228 «Об утверждении Руководства по безопасности «Методические рекомендации по проведению количественного анализа риска аварий на опасных производственных объектах магистральных нефтепроводов и нефтепродуктопроводов», <http://www.gosnadzor.ru/>
  10. Справочник по исследованию операций. Под общ. ред. Ф. А. Матвейчука – М.: Воениздат, 1979. –368 с.
  11. Государственный стандарт РФ ГОСТ Р 51057-2001 «Техника пожарная. Огнетушители переносные. Общие технические требования. Методы испытаний», разработан и внесен Техническим комитетом по стандартизации ТК 274 «Пожарная безопасность» принят и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 25 октября 2001 г. № 435-ст взамен ГОСТ Р 51057-97
  12. BS 7974:2001 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings.Code of practice. Standard by British Standards Institution, 10.24.2001 - 34 p. <http://shop.bsigroup.com/ProductDetail/?pid=000000000030028692>
  13. NFPA 551. (2013). Guide for the Evaluation of Fire Risk Assessments. National Fire Protection Association. USA an International Codes and Standards Organization - 25 p., <http://www.nfpa.org/codes-and-standards/all-codes-and-standards/list-of-codes-and-standards?mode=code&code=551>

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**4-КАМЕРНАЯ МОДЕЛЬ МИГРАЦИИ  
ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ ПО  
ТРОФИЧЕСКОЙ ЦЕПИ  
ПОВЕРХНОСТНОГО ВОДНОГО  
ОБЪЕКТА**

*Востоков В. Ю.*

Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия,  
vadimeast@yandex.ru

*Ореховская А. А.*

Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Россия,  
a.orekhovskaya@icloud.com

**Аннотация.** В работе на основе большого массива данных наблюдений определены значения параметров уравнений, описывающих процессы поступления загрязнителя на верхние ступени трофической цепи («нехищные рыбы» и «хищные рыбы»). Также предложен вариант математического описания процесса поступления загрязнителя на первую ступень трофической цепи («бентос, планктон») и установлены области определения значений используемых при этом параметров.

**Ключевые слова:** комфортная среда для жизни человека, поверхностный водный объект, трофическая цепь, моделирование миграции токсичных веществ.



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **4-CHAMBERED MODEL OF CONTAMINANTS MIGRATION ALONG THE TROPHIC CHAIN OF SURFACE WATER BODY**

*Vostokov V. Yu.*

Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia,  
vadimeast@yandex.ru

*Orekhovskaya A. A.*

Moscow Institute of Physics and Technology, Dolgoprudny, Russia,  
a.orekhovskaya@icloud.com

**Abstract.** In the work on the basis of a large array of observational data the values of the parameters of equations describing the processes of pollutant intake to the upper stages of the trophic chain ("non-predatory fish" and "predatory fish") are determined. Also, a variant of the mathematical description of the process of pollutant intake to the first stage of the food chain ("benthos, plankton") is proposed, and the areas for determining the values of the parameters used are established.

**Key words:** comfortable environment for human life, surface water object, the trophic chain, modeling migration of toxic substances.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Одна из ключевых проблем формирования комфортной среды для жизни человека связана с безопасностью для человека поверхностных водных объектов, являющихся, в первую очередь, источниками воды и пищи. В литературе достаточно описаний исследований содержания загрязняющих веществ в тканях растений и животных, обитающих в загрязненных поверхностных водных объектах и/или рядом с ними:

- содержание загрязняющих веществ в тканях птиц, питающихся рыбой, в большинстве случаев выше, чем их концентрация в самой рыбе,
- в разных видах рыб содержание загрязняющих веществ различно,
- концентрация загрязняющих веществ в рыбах может в сотни и тысячи раз превышать концентрацию этого вещества в воде, в которой обитает рыба.

Это явление обычно называют аккумулярованием вещества организмом. Чтобы понять это явление, необходимо ясно представлять взаимоотношения, существующие между видами в естественной среде. Указанные взаимоотношения сложны и крайне запутаны, однако можно выделить два пути попадания загрязняющих веществ в организмы водных объектов – с пищей и непосредственно через поверхность контакта организма с водой.

В настоящее время для описания миграции загрязняющих веществ в экосистеме применяют в основном, так называемые, «камерные модели». Такие модели являются грубым упрощением реальной ситуации, в них вся цепь переноса загрязнителя разделяется на камеры, которые, в свою очередь, могут быть стационарными и динамическими. Для решения задач по оценке безопасности для человека поверхностных водных объектов можно попытаться использовать 4-камерную модель, схематически изображенную на рис. 1.

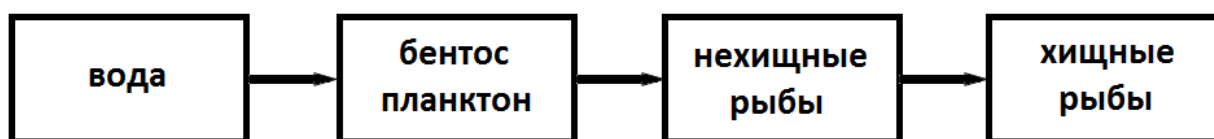


Рис.1. 4-камерная модель миграции загрязняющих веществ по трофической цепи поверхностного водного объекта

Для описания изменения концентрации загрязнителя на верхних ступенях трофической цепи («Нехищные рыбы», «Хищные рыбы») можно воспользоваться простым уравнением массового баланса:

$$\frac{dC_i}{dt} = \alpha_i \cdot C_{i-1} - \beta_i \cdot C_i \quad (i = 2, 3), \quad (1)$$

в котором значения нижнего индекса  $i$  соответствуют определенным ступеням трофической цепи следующим образом:  $i = 1$  – «бентос-планктон»,  $i = 2$  – «нехищные рыбы»,  $i = 3$  – «хищные рыбы», а коэффициенты  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  могут быть представлены как:

$$\alpha_i = \left( \frac{dM / dt}{M} \right)_i + \left( \frac{W}{M} \right)_i, \quad \beta_i = \left( \frac{dM / dt}{M} \right)_i + \frac{\ln 2}{T_{1/2}}, \quad (2)$$

где  $\left( \frac{dM / dt}{M} \right)_i$  – характерное для  $i$ -ой ступени отношение скорости прироста массы особи к ее массе;

$\left( \frac{W}{M} \right)_i$  – характерное для  $i$ -ой ступени отношение интенсивности метаболических процессов, происходящих в особи, к ее массе;

$T_{1/2}$  – период полувыведения загрязнителя из организма человека.

В работе [1], в которой моделирование процессов переноса радионуклидов в экосистеме поверхностного водного объекта происходит, по сути, в рамках представленной модели, значения используемых коэффициентов и параметров их составляющих в явном виде не обозначены, а процесс поступления загрязнителя на первую ступень обойден как не представляющий интереса.

Учитывая это, целью данной работы является:

- определение значений параметров уравнений, описывающих процессы поступления загрязнителя на верхние ступени трофической цепи,
- формирование математической модели процесса поступления загрязнителя на первую ступень трофической цепи.

#### **Определение значений параметров, составляющих коэффициенты $\alpha_i$ и $\beta_i$**

В стационарном случае ( $dC_i/dt = 0$ ) уравнение (1) сводится к виду:

$$\frac{C_i}{C_{i-1}} = \frac{\alpha_i}{\beta_i} \quad (i \neq 1), \quad (3)$$

что позволит довольно просто определить значения параметров, составляющих коэффициенты  $\alpha_i$  и  $\beta_i$ , с помощью данных наблюдений за загрязнением поверхностных водных объектов, фиксирующих значения концентрации загрязнителя в различных представителях местной биоты. К числу таких данных относятся:

Во-первых, данные модельного эксперимента [2], в котором проводились наблюдения за изменением концентрации  $^{137}\text{Cs}$  в мышцах особей белого амура (нехищной рыбы) из

садов радиационно-чистого хозяйства, помещенных в мае 2000 года в водоем-охладитель Чернобыльской АЭС:

- начиная с 4 месяца наблюдений, в последующие 13 месяцев содержание  $^{137}\text{Cs}$  в мышцах белого амура ( $C_2$ ) варьировалось в диапазоне 1600-3800 Бк/кг [2];
- содержание  $^{137}\text{Cs}$  в типичном представителе бентоса водоема-охладителя дрейссене ( $C_1$ ) в 2000 году варьировалось в диапазоне 750-1250 Бк/кг [3].

То есть, выбирая медианные значения указанных диапазонов и учитывая, что период полувыведения  $^{137}\text{Cs}$  из организма человека составляет 70 суток [4], в соответствии с (3) имеем:

$$\left( \frac{C_2}{C_1} \right)_{\text{Cs}} = \frac{\alpha_2}{\beta_2} \Big|_{T_{1/2}=70 \text{ суток}} = 2,7. \quad (4)$$

Во-вторых, данные наблюдений с 1998 по 2009 год научных сотрудников Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН за загрязнением ртутью байкало-ангарской водной системы, которые были систематизированы в [5] и частично, касающиеся периода 2004-2007 годов, характеризующегося относительной стабильностью значений концентраций на всех ступенях трофической цепи, представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Средние значения концентрации ртути в период 2004 – 2007 годы в обитателях Верхней части Братского водохранилища**

Название ступени	планктон	нехищная рыба	хищная рыба
Обозначение концентрации	C1	C2	C3
Значение концентрации	0,132 мкг/г	0,370 мкг/г	0,667 мкг/г

Используя данные таблицы 1 и учитывая, что период полувыведения ртути также составляет 70 суток [5], в соответствии с (3) имеем:

$$\left( \frac{C_2}{C_1} \right)_{\text{Hg}} = \frac{\alpha_2}{\beta_2} \Big|_{T_{1/2}=70 \text{ суток}} = 2,8, \quad (5)$$

$$\left( \frac{C_3}{C_2} \right)_{\text{Hg}} = \frac{\alpha_3}{\beta_3} \Big|_{T_{1/2}=70 \text{ суток}} = 1,8. \quad (6)$$

В-третьих, данные наблюдений за загрязнением Теплого залива Белоярского водохранилища кобальтом и цезием [6]. Интересующие нас данные представлены в табл. 2.

Здесь следует отметить два момента:

- во-первых, в таблице 2 активность радионуклидов в планктоне указана на килограмм сухого веса, а доля сухой массы организма в его живом весе крайне неоднозначный

показатель – по мере высушивания организма происходит процесс разложения биологического вещества, сопровождающийся обильным газовыделением, что может привести на практике, практически, к любому результату;

Таблица 2

**Концентрации загрязняющих веществ в августе 1977 года на ступенях трофической цепи  
Теплого залива Белоярского водохранилища**

Номер ступени, (i)	Объект	Концентрация $^{60}\text{Co}$ , Бк/кг	Концентрация $^{137}\text{Cs}$ , Бк/кг
1	планктон	680	600
2	лещ	14,4	50
	плотва	6,7	62
	карась	11,8	70
	линь	-	84
	каrp	-	32
3	щука	-	113

- во-вторых, авторами было выведено из рассмотрения (удалено из таблицы) значение концентрации  $^{60}\text{Co}$  в лине, так как в противном случае значения концентраций кобальта у четырех видов нехищных рыб образовывали бы неоднородную совокупность данных, использование которой в дальнейшей работе могло бы привести к некорректным результатам.

Приняв среднее значение совокупностей данных по концентрации загрязнителя в нехищных рыбах в качестве  $C_2$ , обозначив долю сухого веса в живой массе планктона через  $\chi$  и учитывая, что период полувыведения  $^{60}\text{Co}$  из организма человека составляет 9,5 суток [7], в соответствии с (3) имеем:

$$\left( \frac{C_3}{C_2} \right)_{\text{Cs}} = \frac{\alpha_3}{\beta_3} \Big|_{T_{1/2}=70 \text{ суток}} = 1,9, \quad (7)$$

$$\left( \frac{C_2}{C_1} \right)_{\text{Cs}} = \frac{\alpha_2}{\beta_2} \Big|_{T_{1/2}=70 \text{ суток}} = \frac{0,099}{\chi}, \quad (8)$$

$$\left( \frac{C_2}{C_1} \right)_{\text{Co}} = \frac{\alpha_2}{\beta_2} \Big|_{T_{1/2}=9,5 \text{ суток}} = \frac{0,016}{\chi}. \quad (9)$$

Из соотношений (4)–(9) составим три уравнения с четырьмя неизвестными:

- в качестве первого уравнения возьмем «среднее арифметическое» соотношений (4) и (5):

$$\frac{\left( \frac{dM}{M} / dt \right)_2 + \left( \frac{W}{M} \right)_2}{\left( \frac{dM}{M} / dt \right)_2 + \frac{\ln 2}{70}} = 2,75; \quad (10)$$

– в качестве второго – аналогичную комбинацию соотношений (6) и (7):

$$\frac{\left(\frac{dM}{dt}\right)_3 + \left(\frac{W}{M}\right)_3}{\left(\frac{dM}{dt}\right)_3 + \frac{\ln 2}{70}} = 1,85; \quad (11)$$

– в качестве третьего – отношение соотношений (8) и (9):

$$\frac{\left(\frac{dM}{dt}\right)_2 + \frac{\ln 2}{9,5}}{\left(\frac{dM}{dt}\right)_2 + \frac{\ln 2}{70}} = 6,15. \quad (12)$$

Замкнуть систему уравнений (10) – (12) можно, предположив, что:

$$\left(\frac{W}{M}\right)_2 = \left(\frac{W}{M}\right)_3. \quad (13)$$

Предположение (13), в принципе, вполне обосновано, так как отношение интенсивности метаболических процессов к массе организма для большой группы хрящевых и костных рыб описывается одним соотношением, предполагающим очень слабую зависимость от массы рыбы [8]:

$$\frac{W}{M} \sim M^{-0,16}.$$

Решить систему уравнений (10) – (13) не составляет труда:

$$\left(\frac{dM}{dt}\right)_2 = 0,0024 \text{ сутки}^{-1}, \quad \left(\frac{dM}{dt}\right)_3 = 0,0153 \text{ сутки}^{-1}, \quad \left(\frac{W}{M}\right)_{2,3} = 0,0313 \text{ сутки}^{-1},$$

или:

$$\alpha_2 = 0,0337 \text{ сутки}^{-1}, \beta_2 = 0,0024 \text{ сутки}^{-1} + \ln 2/T_{1/2};$$

$$\alpha_3 = 0,0467 \text{ сутки}^{-1}, \beta_3 = 0,0153 \text{ сутки}^{-1} + \ln 2/T_{1/2}.$$

То есть, можно констатировать, что первая из поставленных задач решена.

### **Математическая модель процесса поступления загрязнителя на первую ступень**

Часто в литературе процесс попадания загрязняющих веществ в организмы водных объектов непосредственно через поверхность контакта организма с водой называют «адсорбцией». Однако, по крайней мере, в случае загрязнения поверхностных водных объектов металлами, наблюдаемый процесс, по сути, не является адсорбцией – при

«классической» адсорбции, лимитируемой диффузионными процессами, движение адсорбента приводит к интенсификации процесса, в рассматриваемом же случае:

- движущиеся объекты (рыбы) не обладают свойством «адсорбции»,
- мелкие организмы бентоса и планктона, передвигающиеся в пространстве с практически нулевой скоростью относительно воды, напротив, прекрасно накапливают на своей поверхности взвешенные частицы загрязнителя.

Такая избирательность «адсорбции» может быть объяснена тем, что осаждение частицы на поверхность (прикрепление к поверхности) может произойти при столкновении частицы с организмом, а при движении организма со скоростью много большей, чем скорость витания частиц, столкновение частицы с организмом, практически, невозможно. Даже если контакт имел место, частица будет унесена обтекающим организм потоком. (Для справки: скорость витания в воде «крупной» (не «броуновской») частицы кобальта с характерным размером 100 микрон составляет, чуть более, 4 см/сек).

В рамках представленного объяснения, массовый поток загрязнителя на поверхность организмов, составляющих первую ступень трофической цепи, будет пропорционален числу столкновений, то есть концентрации загрязнителя в окружающем водном пространстве ( $C_0$ ):

$$\left( \frac{dC_1^{ex}}{dt} \right)_+ = a \cdot C_0, \quad (14)$$

где  $C_1^{ex}$  – масса загрязнителя на поверхности организма, отнесенная к массе организма;  
 $a$  – коэффициент пропорциональности, который с точностью до множителя равен произведению удельной поверхности организма (отношения площади поверхности организма к его объему) и вероятности прикрепления частицы к поверхности в результате столкновения.

Что касается процесса удаления загрязнителя с поверхности мелких организмов, то, как можно предположить, он обусловлен действием теплового движения молекул воды (частицы, формирующие взвесь, по сути, являются броуновскими). Тогда массовый поток загрязнителя, покидающий поверхность организмов, пропорционален концентрации загрязнителя на поверхности:

$$\left( \frac{dC_1^{ex}}{dt} \right)_- = b \cdot C_1^{ex}. \quad (15)$$

Соотношения (14) и (15) позволяют составить массовый баланс загрязнителя на поверхности организма:

$$\frac{dC_1^{ex}}{dt} = a \cdot C_0 - b \cdot C_1^{ex}, \quad (16)$$

который по форме идентичен массовому балансу загрязнителя, поступающему на нижнюю ступень трофической цепи также из воды, но уже как из «питательного продукта» (1). Используя для обозначения этой составляющей общей массы загрязнителя на первой ступени трофической цепи  $C_1^{in}$ , имеем:

$$\frac{dC_1^{in}}{dt} = \alpha_1 \cdot C_0 - \beta_1 \cdot C_1^{in}, \quad (17)$$

$$C_I = C_1^{in} + C_1^{ex}. \quad (18)$$

Соотношения (16)–(18) вместе с соотношениями для определения значений параметров  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  уравнения (17) и  $a$  и  $b$  уравнения (16), в принципе, и составляют математическую модель поступления нерастворимого в воде загрязнителя поверхностного водного объекта на первую ступень трофической цепи.

Как представляется, начать анализ параметров модели целесообразно с параметров  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  из уравнения массового баланса загрязнителя, поступающего на нижнюю ступень трофической цепи вместе с продуктами питания (17). Предполагая сохранение физической сути указанных параметров (формы соотношения (2)) и использование величины периода полувыведения загрязнителя из организма человека  $T_{1/2}$ , проанализируем возможное изменение значений характерного отношения скорости прироста массы особи к ее массе ( $M'/M$ ) и характерного отношения интенсивности метаболических процессов, происходящих в особи, к ее массе ( $W/M$ ) при переходе с верхних ступеней трофической цепи на нижнюю.

Для большинства представителей первой ступени, в первую очередь для планктона, из-за их микроскопических размеров отношение скорости прироста массы особи к ее массе, как правило, не фиксируется – в исследованиях, как правило, фиксируется прирост массы большой популяции того или иного представителя. Однако для некоторых представителей первой ступени трофической цепи, в принципе, можно оценить рассматриваемый параметр на основе данных по изменению массы тела отдельного объекта на протяжении всей его жизни (рис. 2).

Исходя из представленных на рис. 2 данных, значение отношения скорости прироста массы моллюска к его массе можно оценить на уровне  $0,0009 \text{ сутки}^{-1}$ , на основании чего предположить, что:

$$\left( \frac{dM / dt}{M} \right)_1 < \left( \frac{dM / dt}{M} \right)_2 = 0,0024 \text{ сутки}^{-1}. \quad (19)$$



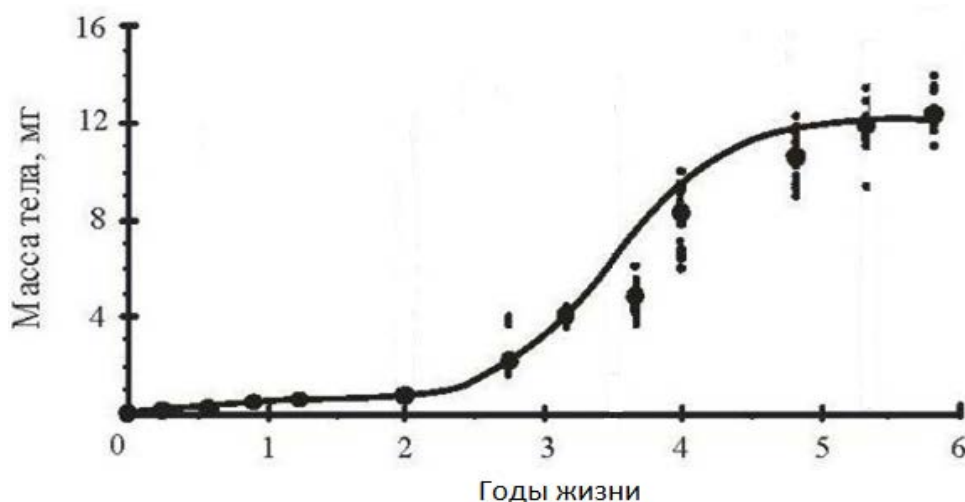


Рис. 2. Динамика изменения массы тела моллюска *Maakiaherderiana* [9]

Что касается второго параметра, характерного отношения интенсивности метаболических процессов, происходящих в особи, к ее массе, то проблему оценки его значения можно проиллюстрировать на примере *Arctodiaptomus salinus*– представителя зоопланктона Тюпского залива озера Иссык-Куль [10]:

- его ежедневный рацион составляет 9,89 мкг фитопланктона на миллиграмм своего живого веса;
- для добычи 9,89 мкг фитопланктона ему необходимо отфильтровать 6229 мл воды.

То есть, если подходить формально, то  $W/M = 9,89 \cdot 10^{-3} \text{ сутки}^{-1}$ . Однако если принять во внимание, что поток пищи, проходящий через организм, нас интересует только как переносчик загрязнителя, то  $W/M = 6,23 \cdot 10^3 \text{ сутки}^{-1}$ .

Ориентируясь на среднее геометрическое от полученных оценок ( $W/M = 7,85 \text{ сутки}^{-1}$ ), можно предположить, что:

$$\left(\frac{W}{M}\right)_1 \gg \left(\frac{W}{M}\right)_{2,3} = 0,0313 \text{ сутки}^{-1}. \quad (20)$$

Перейдем теперь к анализу параметров  $a$  и  $b$  массового баланса загрязнителя, поступающего на поверхность живых объектов, составляющих первую ступень трофической цепи (16). Причем, указанный анализ целесообразно провести с привлечением данных по динамике изменения концентрации кобальта и цезия в элодее Теплого залива Белоярского водохранилища [6]. (Элодея (*Elodea*) – самый распространенный в мире представитель подводной флоры). Возможность привлечения данных по элодее обоснованно тем, что в связи с несопоставимым различием в скорости фильтрации зоопланктона и моллюсков, с одной стороны, и водорослей, с другой, поступлением в водоросли загрязнителя с водой как продуктом питания в первом приближении можно пренебречь. То есть, можно

предположить, что изменение концентрации загрязнителя в элодее ( $C_{эл}$ ) описывается уравнением (16), которое в стационарном случае ( $dC_{эл}/dt = 0$ ) дает:

$$\frac{C_{эл}}{C_0} = \frac{a}{b}.$$

Если обратиться к данным [6], то можно констатировать, что и при стационарном режиме, и при максимальном загрязнении, когда также  $dC_{эл}/dt = 0$ :

$$\left(\frac{a}{b}\right)_{Co} \approx 5,875 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)_{Cs}. \quad (21)$$

Предлагаемая модель (16)–(18) предполагает, что в стационарных условиях отношение концентраций загрязнителя на первой ступени трофической цепи и в воде определяется как:

$$\frac{C_1}{C_0} = \frac{\alpha_1}{\beta_1} + \frac{a}{b}. \quad (22)$$

Расписав соотношение (22) в предположении, что соотношение (21) выполняется и для планктона, и с учетом соотношений для определения значений параметров  $\alpha_1$  и  $\beta_1$  для трех металлов – цезия, кобальта и ртути – получим систему трех уравнений с четырьмя неизвестными:

$$\left(\frac{dM/dt}{M}\right)_1, \left(\frac{W}{M}\right)_1, \left(\frac{a}{b}\right)_{Cs}, \left(\frac{a}{b}\right)_{Hg}. \quad (23)$$

Понятно, что система из трех уравнений с четырьмя неизвестными, как правило, не имеет однозначного решения, однако в такой ситуации можно установить возможные области определения значений переменных. Сделать это можно следующим образом – выбрать одну из переменных, например первую из перечисленных в (23), и при различных ее значениях из области определения, обозначенной в (19), решать систему из трех уравнений с тремя неизвестными. В результате проведения такой операции были установлены следующие возможные области определения значений для трех переменных:

$$2,25 < \left(\frac{W}{M}\right)_1 < 2,83, \quad 2,8 < \left(\frac{a}{b}\right)_{Cs} < 3,9, \quad 158,2 < \left(\frac{a}{b}\right)_{Hg} < 159,2.$$

Вопрос достоверности (адекватности) полученных соотношений, по всей видимости, будет решаться в ближайшем будущем.

## Библиографический список

1. Крышев А.И. Динамическое моделирование переноса радионуклидов в гидробиоценозах и оценка последствий радиоактивного загрязнения для биоты и человека // Диссертация на соискание ученой степени доктора биологических наук. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2008.
2. Зарубин О.Л., Залисский А.А., Головач Л.А. Параметры накопления  $^{137}\text{Cs}$  мышцами белого амура (*Stenopharyngodon idella* (Valencinnes)) в условиях садкового содержания на акватории водоема-охладителя ЧАЭС // Зб. наук. пр. Ін-ту ядерних досліджень. – 2002. – № 1 (7).
3. Гудков Д.И., Дзюбенко Е.В., Назаров А.Б., Каглян А.Е., Кленус В.Г. Пресноводные моллюски в зоне отчуждения Чернобыльской АЭС: динамика содержания радионуклидов, дозовые нагрузки, цитогенетические и гематологические исследования // Гидробиологический журнал (ISSN 0375-8990). – 2010. – Т.46, №3.
4. Москалев Ю.И. Радиобиология инкорпорированных радионуклидов. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
5. Пастухов М.В. Экологические аспекты аккумуляции ртути гидробионтами байкало-ангарской водной системы: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. – Иркутск: ИГУ, 2012.
6. Чеботина М.Я., Трапезников А.В., Трапезникова Н.В., Куликов Н.В. Радиоэкологические исследования Белоярского водохранилища. – Свердловск, 1992.
7. Краткая характеристика основных групп радиоактивных веществ и клиническая картина вызываемых ими поражений // Электронный медицинский справочник Medical-Enc.ru ([www.medical-enc.ru](http://www.medical-enc.ru)).
8. Зотин А.И., Зотин А.А. Направление, скорость и механизмы прогрессивной эволюции. Термодинамические и экспериментальные основы. – М.: Наука, 1999.
9. Байкаловедение: учебное пособие / Н.С. Беркин, А.А. Макаров, О.Т. Русинек. – Иркутск: ИГУ, 2009.
10. Гутельмахер Б.Л. Метаболизм планктона как единого целого: Трофометаболические взаимодействия зоо- и фитопланктона. – Л.: Наука, 1986.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ  
СОПРОВОЖДЕНИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА  
ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

*Алехин В. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Антипин А. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Городилов С. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В статье рассмотрены результаты расчета ветровых, снеговых нагрузок и прогрессирующего обрушения объектов аэропортовых комплексов в городах Оренбург и Ростов-на-Дону.

**Ключевые слова:** ветер, снег, нагрузки, прогрессирующее обрушение, уникальные здания и сооружения, численное моделирование.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**SCIENTIFIC AND TECHNICAL SUPPORT OF  
CONSTRUCTION OF BUILDINGS AND  
STRUCTURES**

*Alekhin V. N.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Antipin A. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Gorodilov S. N.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The results of wind, snow loads and progressive damage of airport complexes in the cities of Orenburg and Rostov-on-Don are considered in the article.

**Key words:** wind, snow, loads, progressive damage, unique buildings and structures, numerical modeling.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

На кафедре «Системы автоматизированного проектирования объектов строительства» выполняется комплекс работ по научно-техническому сопровождению строительства уникальных зданий и сооружений: терминалов аэропортов, выставочных комплексов, высотных зданий [1–4]. В состав работ входят расчет ветровых и снеговых нагрузок, расчеты на прогрессирующее обрушение и сейсмические воздействия, проверка конструктивных решений. В статье рассмотрены результаты расчета ветровых, снеговых нагрузок и прогрессирующего обрушения объектов аэропортовых комплексов в городах Оренбург и Ростов-на-Дону.

Выполнены расчет ветровых нагрузок и анализ величины снеговых нагрузок на объекты:

- Ангар для размещения воздушных судов аэропорт, г. Оренбург;
- VIP-терминал, аэропортовый комплекс «Южный», г. Ростов-на-Дону;
- Топливо-заправочный комплекс «Южный» аэропортового комплекса «Южный», г. Ростов-на-Дону.

Расчетная модель строится следующим образом. Модели рассчитываемых объектов помещаются в домен. Размеры домена задаются таким образом, чтобы объекты, помещенные в домен, не искажали прямолинейных потоков воздуха на границах домена.

Для расчета используется метод конечного объема, численная схема высокого порядка для конвективных и вязких членов и модель турбулентности SST (Shear-Stress-Transport)  $k-\omega$ , позволяющая моделировать как безотрывные течения, так и течения с развитыми турбулентными отрывами.

Средствами программного пакета ANSYS CFX ICEM CFD в расчетной области для каждой геометрии модельного здания, стоящего на поверхности земли, строятся гексаэдральные сетки с прижатыми пограничными слоями вблизи твердых границ. На границах расчетной области использовались граничные условия типа “Inlet” (поток ветра может входить лишь внутрь домена), “Opening” (поток на границе может быть направлен как внутрь, так и наружу домена), “Wall” (на поверхности здания и земли).

Для входной области Inlet задается степенной закон изменения скорости ветра, соответствующий опытным данным о распространении ветра в приземном слое атмосферы. Как правило, достаточно рассматривать восемь различных направлений действия ветра, хотя это зависит от формы самого здания и формы окружающих его объектов, включенных в домен. При смене направления потока ветра модель здания поворачивается на соответствующий угол. Таким образом, расчетная модель является аналогом аэродинамической трубы.

На рис. 1 показаны фасады ангара для размещения воздушных судов. На рис. 2 показаны схема домена и его размеры. На рис. 3 показана схема направлений ветра.

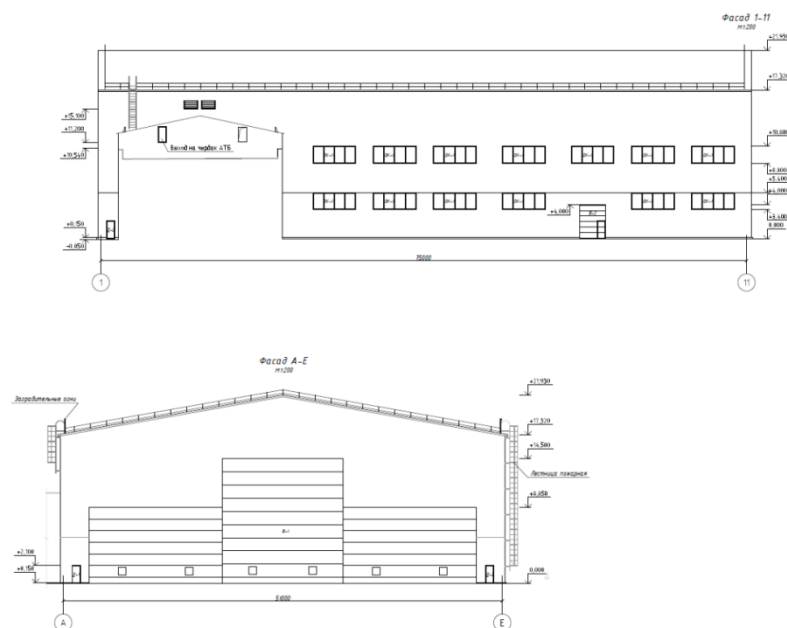


Рис. 1. Фасады ангара для размещения воздушных судов

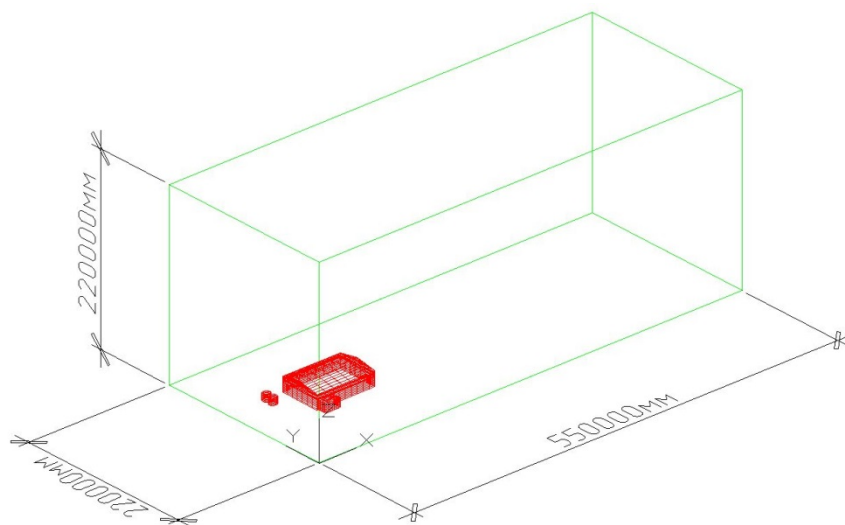


Рис. 2. Схема домена

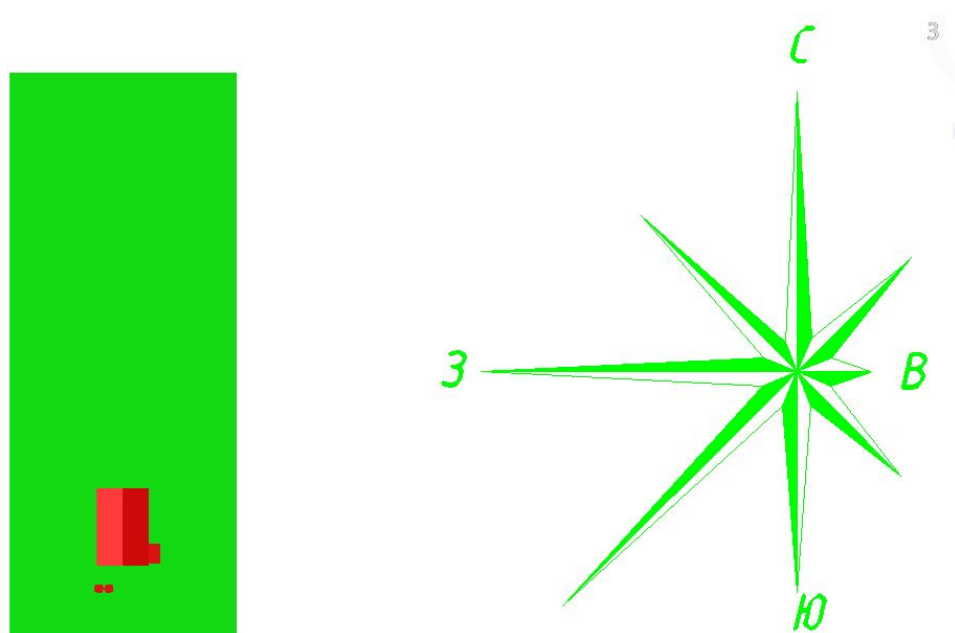


Рис. 3. Схема направлений ветра

На рис. 4 показана характерная картина распределения скоростей ветра вокруг ангара при северо-западном направлении ветра.

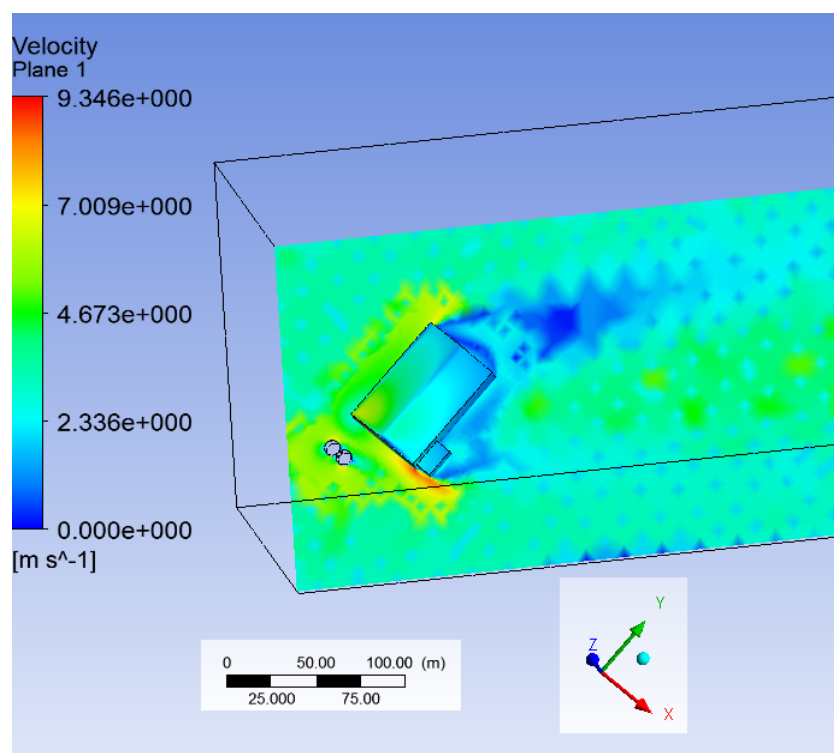


Рис. 4. Распределение скоростей ветра для северо-западного направления

На рис. 5 показан первый вариант схемы и характерные направления ветра для здания VIP-терминала аэропортового комплекса «Южный» (г. Ростов-на-Дону). На рис. 6 показана схема домена и второй вариант схемы здания.



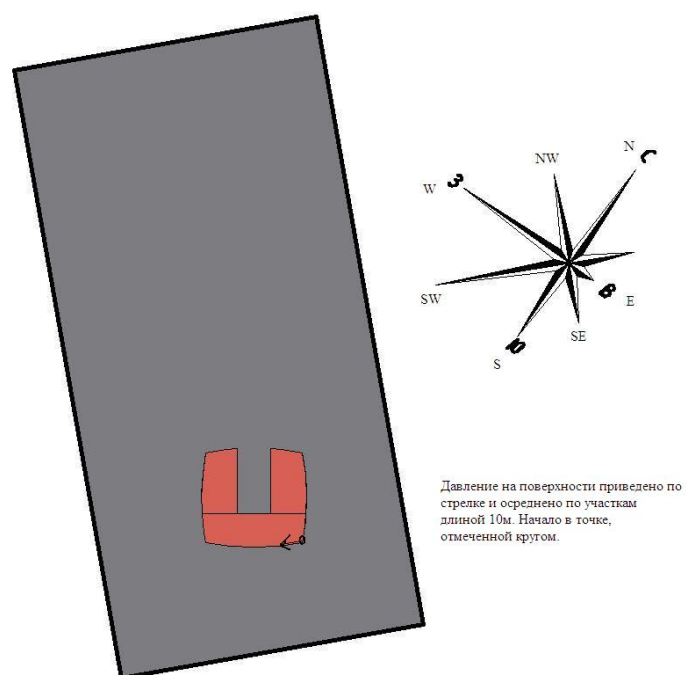


Рис. 5. VIP-терминал аэропортового комплекса «Южный» (г.Ростов-на-Дону). Первый вариант

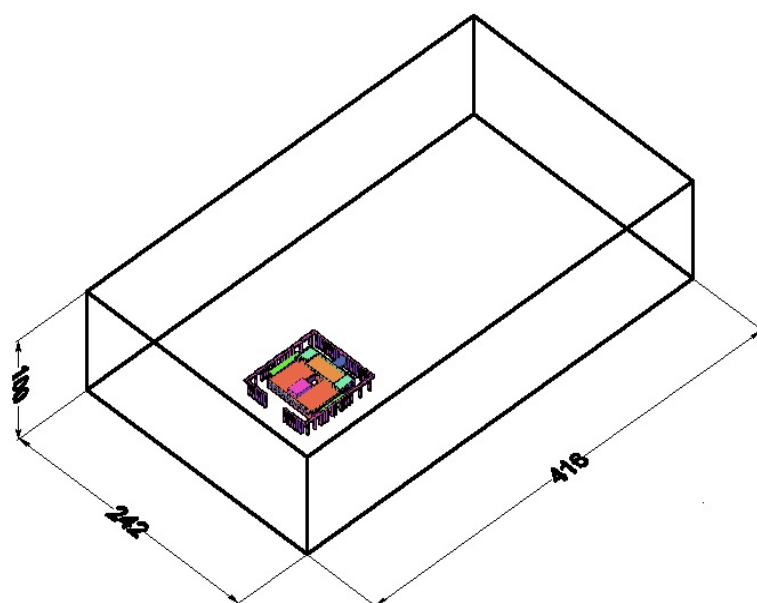


Рис. 6. VIP-терминал аэропортового комплекса «Южный» (г.Ростов-на-Дону). Второй вариант

На рис. 7 показана характерная картина скоростей ветра для первого варианта здания без колоннады, а на рис. 8 – для второго варианта с колоннадой и несколько измененной геометрией крыши.

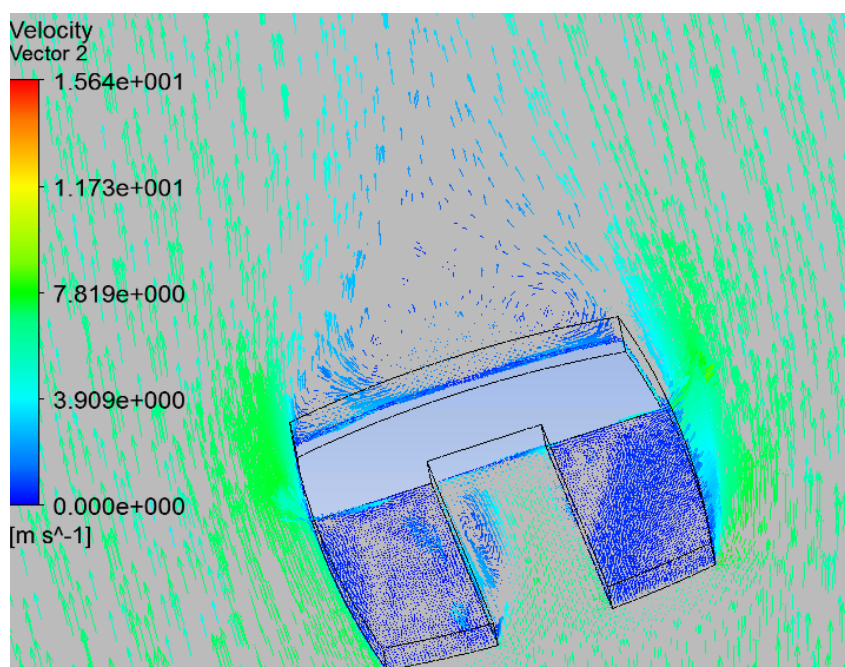


Рис. 7. Первый вариант здания без колоннады (юго-западное направление)

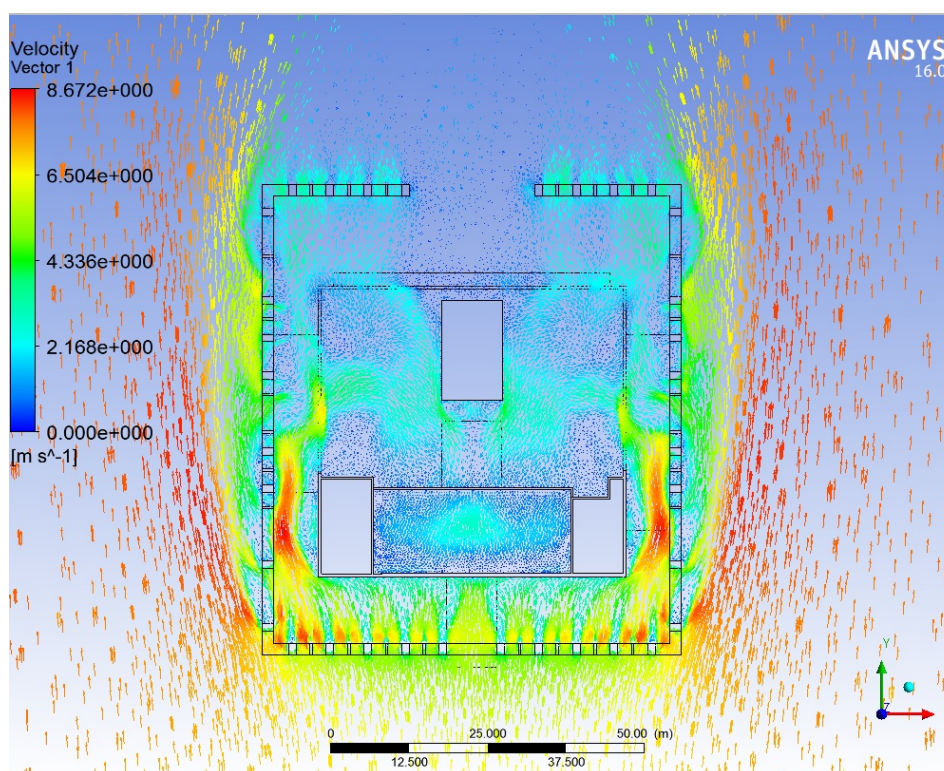


Рис. 8. Второй вариант здания с колоннадой (юго-западное направление). Для второго варианта здания получено снижение ветрового давления

Выполнена оценка принятых в проекте снеговых нагрузок. Показано, что нагрузки соответствуют нормативным данным.

По результатам поверочных расчетов даны рекомендации по определению аэродинамических коэффициентов для сооружений повышенного уровня ответственности Топливо-заправочного комплекса «Южный» международного аэропорта «Южный»:

- производственное здание с лабораторией ГСМ;
- резервуарный парк, РВС – 1950 (5шт. по 1950 м<sup>3</sup>) топлива для реактивных двигателей;
- контрольно-пропускной пункт;
- трансформаторная подстанция;
- площадка приема топлива из автоцистерн;
- площадка налива топлива в топливозаправщики;
- площадка с навесом для хранения материально-технических ресурсов;
- насосная установка внутрискладской перекачки топлива;
- насосная установка;
- резервуар наземный горизонтальный, емкостью 50 м<sup>3</sup> для топлива, слитого из ВС;
- резервуар наземный горизонтальный, емкостью 50 м<sup>3</sup> для не сертифицированного топлива.

Выполнен расчет на прогрессирующее обрушение здания «Новый аэровокзальный комплекс внутренних и международных воздушных линий международного аэропорта «Большое Савино»-Пермь». Расчет выполнен для конструктивных решений стадии РД.

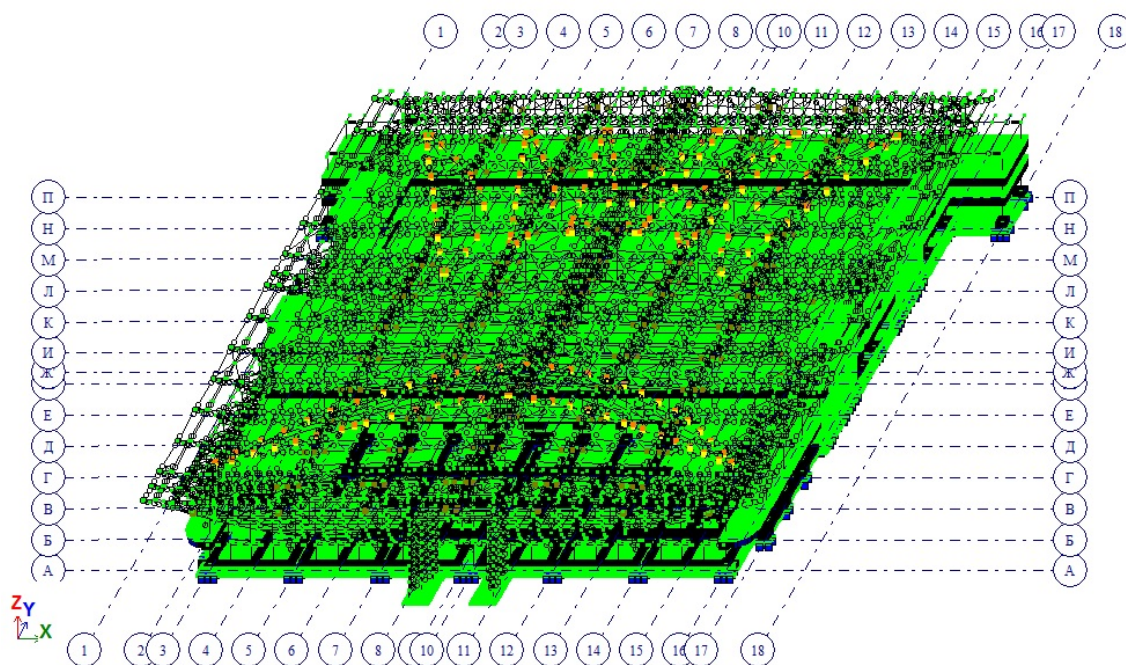


Рис. 9. Расчетная модель

Расчет выполнялся в нелинейной постановке в программе ЛИРА с применением в КЭ-модели здания специальных конечных элементов – КЭ210 (колонны, балки), КЭ240, КЭ241,



КЭ244 (плиты, стены). Расчеты выполнены для нормативных постоянных и длительных нагрузок зимнего периода эксплуатации с учетом коэффициента ответственности  $\gamma_n = 1,2$ .

Расчетная модель показана на рисунках 9–11.

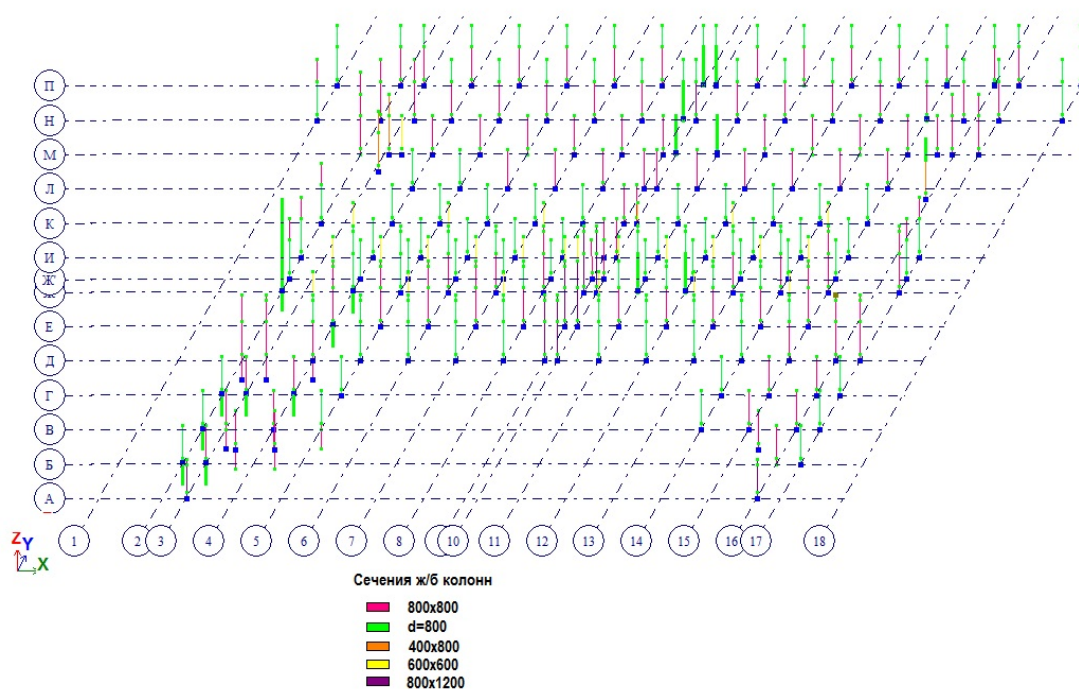


Рис. 10. Схема расположения железобетонных колонн

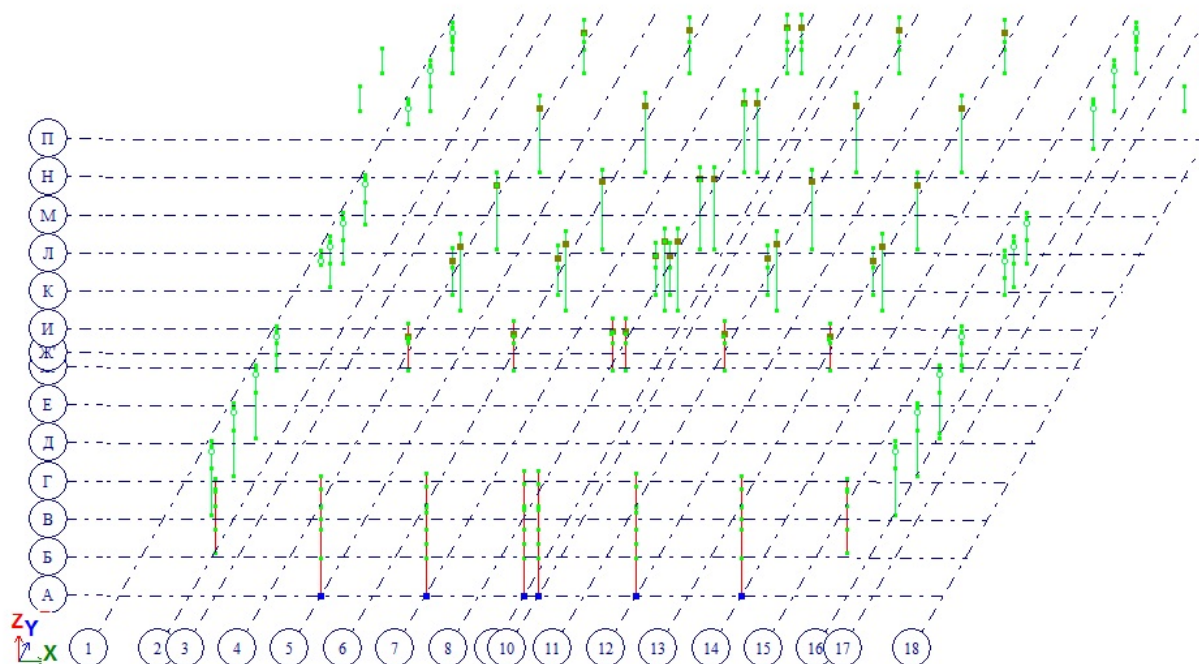


Рис. 11. Схема расположения стальных колонн

Всего было рассмотрено 10 вариантов возможного массового обрушения конструкций в наиболее неблагоприятных местах (варианты соответствуют рассмотренным в расчетах на стадии «П»):

- удалены опоры ж/б колонн в осях А-16 и соседних с ней фасадных стоек на отметке низа колонны  $-0.400$ ;
- удалена нижняя часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны в осях А-16 на отм.  $+6.000$ ;
- удалены нижние части металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны и фасадной стойки в осях А-14 на отм.  $-0.400$ ;
- удалена часть ж/б колонны в осях Д-12 на отм.  $+6.000$ ;
- удалена часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны в осях Д-14 на отм.  $+15.750$ ;
- удалена часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны в осях К-12 на отм.  $+6.000$ ;
- удалена часть ж/б колонны в осях М-14 на отм.  $-0.400$ ;
- удалена часть ж/б колонны в осях П-17 на отм.  $+10.050$ ;
- удалена часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны в осях П-12 на отм.  $+10.050$ ;
- удалена часть ж/б колонны в осях И-4 на отм.  $-0.400$ .

Для всех вариантов наращивание расчетной нагрузки на конструкции задавалось пошагово (общее количество шагов – не менее 20), равномерно и одновременно по всем группам загрузжений.

Ниже на рисунках приведены картины перемещений для рассмотренных вариантов.

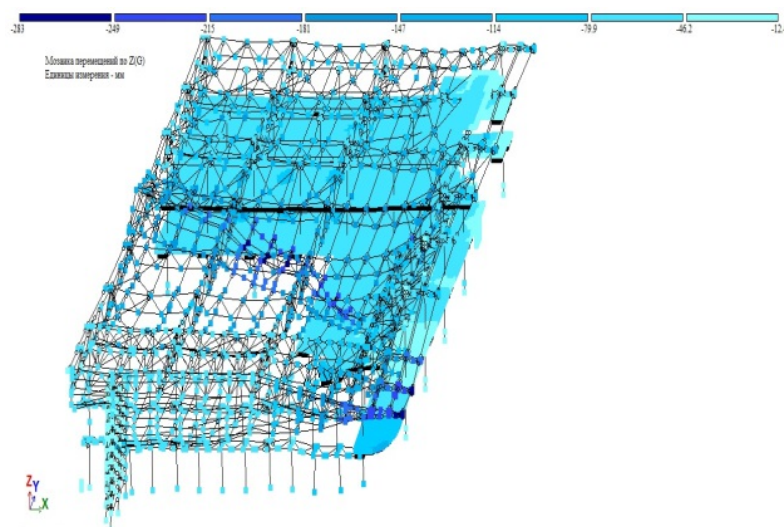


Рис. 12. Удалены опоры ж/б колонн в осях А-16 и соседних с ней фасадных стоек на отметке низа колонны  $-0.400$

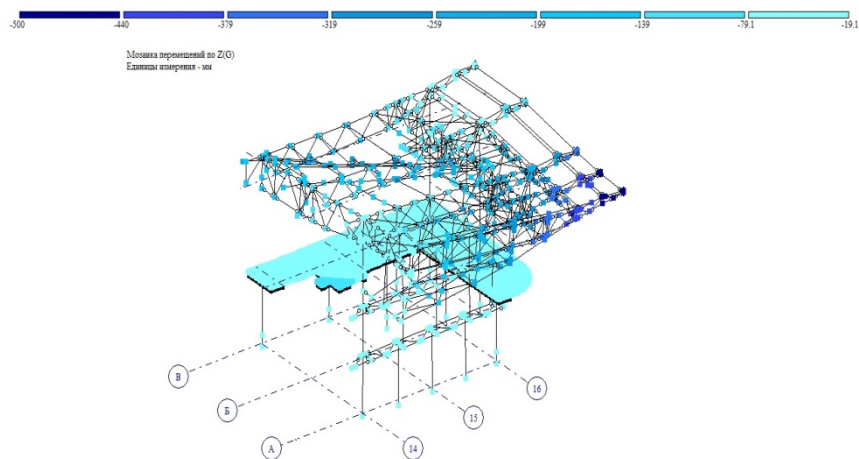


Рис. 13. Удалена нижняя часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны в осях А-16 на отм.+6.000

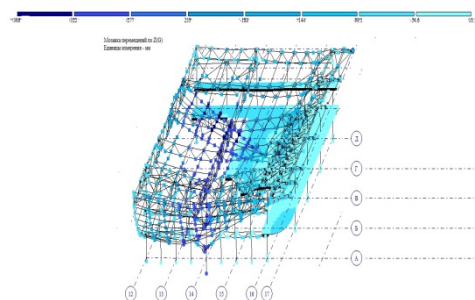


Рис. 14. Удалены нижние части металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны и фасадной стойки в осях А-14 на отм. -0.400

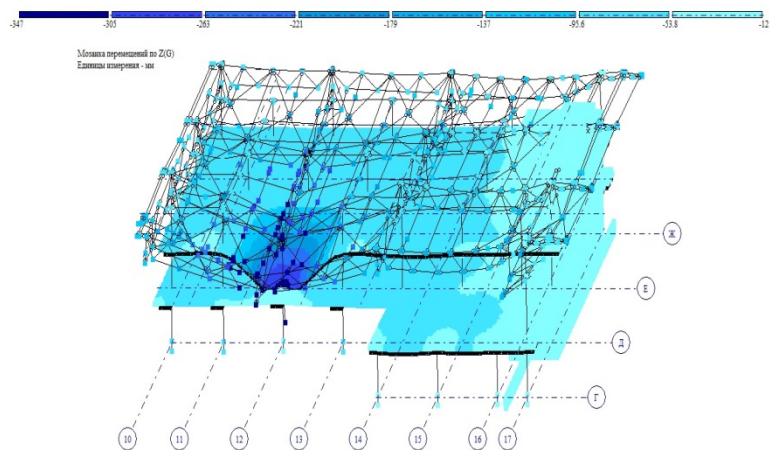


Рис. 15. Удалена часть ж/б колонны в осях Д-12 на отм. +6.000

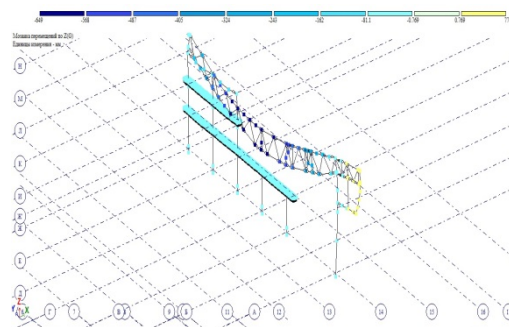


Рис. 16. Удалена часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны  
в осях Д-14 на отм. +15.750

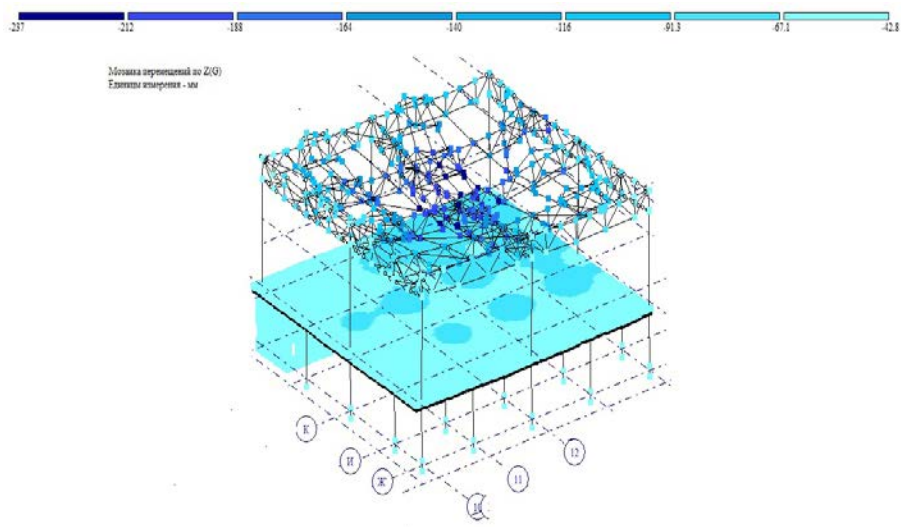


Рис. 17. Удалена часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны  
в осях К-12 на отм. +6.000

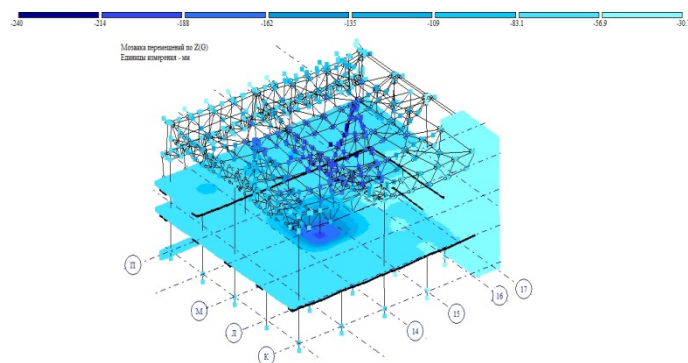


Рис. 18. Удалена часть ж/б колонны D800 в осях М-14 на отм. -0.400



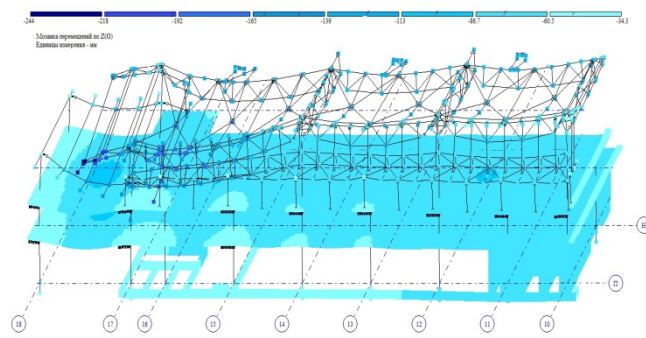


Рис. 19. Удалена часть ж/б колонны D800 в осях П-17 на отм. +10.050

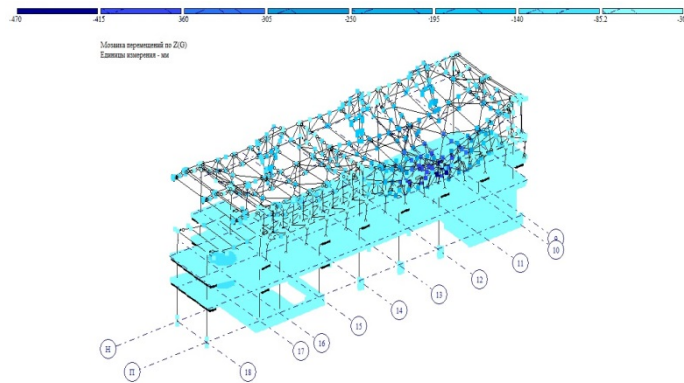


Рис. 20. Удалена часть металлической сварной четырехтавровой (крестообразной) колонны  
в осях П-12 на отм. +10.050

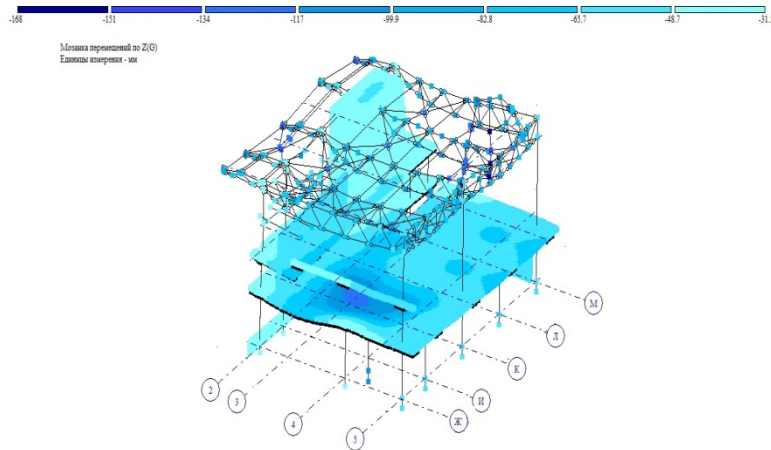


Рис. 21. Удалена часть ж/б колонны в осях И-4 на отм. -0.400

Расчеты показали, что в местах удаления основных опорных элементов (колонн, пилонов) наблюдаются существенные локальные деформации (провисания) несущих конструктивных элементов, в том числе с частичным разрушением некоторых



второстепенных элементов. Однако во всех рассмотренных вариантах прогрессирующего (обвального) обрушения основных несущих конструкций здания не происходит, здание сохраняет общую целостность и устойчивость при достижении полного расчетного нагружения.

### **Библиографический список**

1. V.N. Alekhin, A.A. Antipin, S.N. Gorodilov. Analysis of wind impacts on the high-rise building “Iset Tower”. Applied Mechanics and Materials, 281, 639-644.
2. Vladimir Alekhin, Aleksey Antipin, Sergey Gorodilov, Sergey Khramtsov. Numerical simulation of wind loads on high rise buildings. Proceedings of 13th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality.-London: 2013. 620-628.
3. В.Н. Алехин, А.А. Антипин, С.Н. Городилов, С.Н. Шубин. Численный анализ ветровых воздействий, определение ветровых нагрузок на фасады и конструкции высотных зданий района «Екатеринбург-Сити». Материалы V Всероссийской научно-технической конференции и XV Школы молодых ученых «Безопасность критичных инфраструктур и территорий». – Екатеринбург: УрО РАН, 2012 с. 82-85.
4. В.Н. Алехин, А.А. Антипин, С.Н. Городилов, С.В. Храмцов, Е.Г. Бурков, М.А.Коновалова. Численное моделирование воздействий ветра на высотные здания. Стройкомплекс Среднего Урала, 2014, №6 (179), С.40-42.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПРОБЛЕМЫ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РЕГЛАМЕНТАЦИЙ**

*Платонов А. М.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Ларионова В. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Двоянов С. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме формирования в инвестиционно-строительной и градостроительной деятельности идеологии концептуального проектирования с целью разработки эффективных институциональных технологий на основе строгих правил, норм и процедур организационно-регламентного управления.

**Ключевые слова:** концептуальное проектирование, организационно-регламентное управление, институциональные технологии.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **PROBLEMS OF THE CONCEPTUAL DESIGNING OF REGULATIONS**

*Platonov A. M.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Larionova V. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Dvoyanov S. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The article is devoted to the ideology of the conceptual design formation in the field of the construction investment and urban development with the goal of developing effective institutional technologies on the basis of strict rules, norms and procedures of organizational and regulatory management.

**Key words:** conceptual design, organizational and procedural management, institutional technology.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Почему в инвестиционно-строительной сфере не воспроизводятся эффективные институциональные технологии и результативные организационно-регламентные системы управления?

В чем причины отставания существующих институциональных технологий в инвестиционно-строительной и градостроительной сфере от мирового уровня?

Какой опыт необходимо переосмыслить, какие концепции надо поменять для прорыва в этих сферах в условиях глобального конкурентного окружения?

Каким образом в этом аспекте трансформировать деятельность и взаимодействие многочисленных стейкхолдеров в инвестиционно-строительной и градостроительной сфере?

Именно в этом нестандартном ключе должны быть сформулированы сегодня задачи развития инвестиционно-строительной (ИСД) и градостроительной деятельности (ГСД). Действительно, чтобы разглядеть в неприглядной гусенице воображаемого махаона, необходимы не просто научно-статистические методы описания и анализа-синтеза, а креативное и нетривиальное воображение.

Сегодня это крайне важные направления исследований, связанные с участием человека (как рационального субъекта экономики со своими интересами) в ИСД и ГСД и в постоянном взаимодействии со своими коллегами, поставщиками материалов, потребителями продукции и услуг и другими стейкхолдерами через определенные нормы и правила.

Среди главных направлений исследований, наиболее актуальными являются:

- применение идеологии концептуального проектирования для формирования инновационных организационно-регламентных систем управления ИСД и ГСД;
- формирование благоприятного инвестиционного климата в регионе и поощрение и развитие тренда межрегиональной и международной инвестиционно-строительной экспансии строительных организаций региона.

Проблемы и задачи развития на концептуальном уровне формируются в ИСД и ГСД как правило достаточно объективно, обоснованно и правильно. Однако, далее при более детальной их проработке на уровне положений, указаний и инструкций, а также при распределении ответственности по исполнителям, как правило, теряются цели развития, результативность и эффективность данной сферы. В чем же системная причина данного, ставшего уже привычным, положения?

Видимо в определенной потере доверия к существующим нечетким институтам [1], к структурам власти и к партнерам по бизнесу. А также в корыстно заинтересованном искажении отдельных положений сформулированных и принятых концепций при

последующей регламентации деятельности исполнителей и потерей в дальнейшем их запланированной результативности.

Очевидно, что действия исполнителей должны строго соответствовать разработанным институциональным регламентам, духу и букве принятых концепций. Точно также как технологии строительного производства должны соответствовать общепринятым техническим стандартам.

Доверие между стейкхолдерами ИСД и ГСД должно формироваться путем строгого соблюдения разработанных, согласованных и принятых регламентов всеми их участниками. Однако вся ментальность российских работников противится строгому подходу как к разработке так и к соблюдению регламентных положений.

Теория и практика концептуального управления и разработки на его основе систем организационно-регламентного управления известны [2,3] и сегодня широко применяются в западных подходах к регламентному управлению процессами производственно-технического и социально-экономического развития. В 90-х годах в этой сфере мы были практически первыми [4–6], однако в процессе перестроенных реформ растеряли стимулы, навыки и интеллектуальный потенциал для её развития. Необходимо вновь со всей серьезностью подойти к решению данных актуальных для развития ИСД и ГСД задач.

В обстановке длительного кризиса и в поисках нетрадиционных путей выхода из него необходимо подвергнуть в сфере ИСД и ГСД системной ревизии основы существующих институтов, применяемых на всех уровнях институциональных технологий и регламентного управления. С государственной точки зрения отнестись к существующему сочетанию формальных и неформальных институтов, определяющих формы и содержание деятельности и взаимодействия заинтересованных субъектов.

Пересмотреть с позиций мирового опыта и своих концептуальных решений применяемые финансово-экономические и организационные регламенты управления социально-экономическими процессами.

Выход из системы нечетких институтов должен быть найден на основе идеологии концептуального проектирования регламентаций, поддерживаемой властью, бизнес-элитами и обществом.

Идея концептуального проектирования состоит в генетическом развертывании систем организационного управления и строгой регламентации из единой проектной концепции. При этом отдельные регламентные процедуры в деятельности исполнителей каждой структуры организации представляют собой следствия единой концепции некоторого организационного проекта (рис. 1).

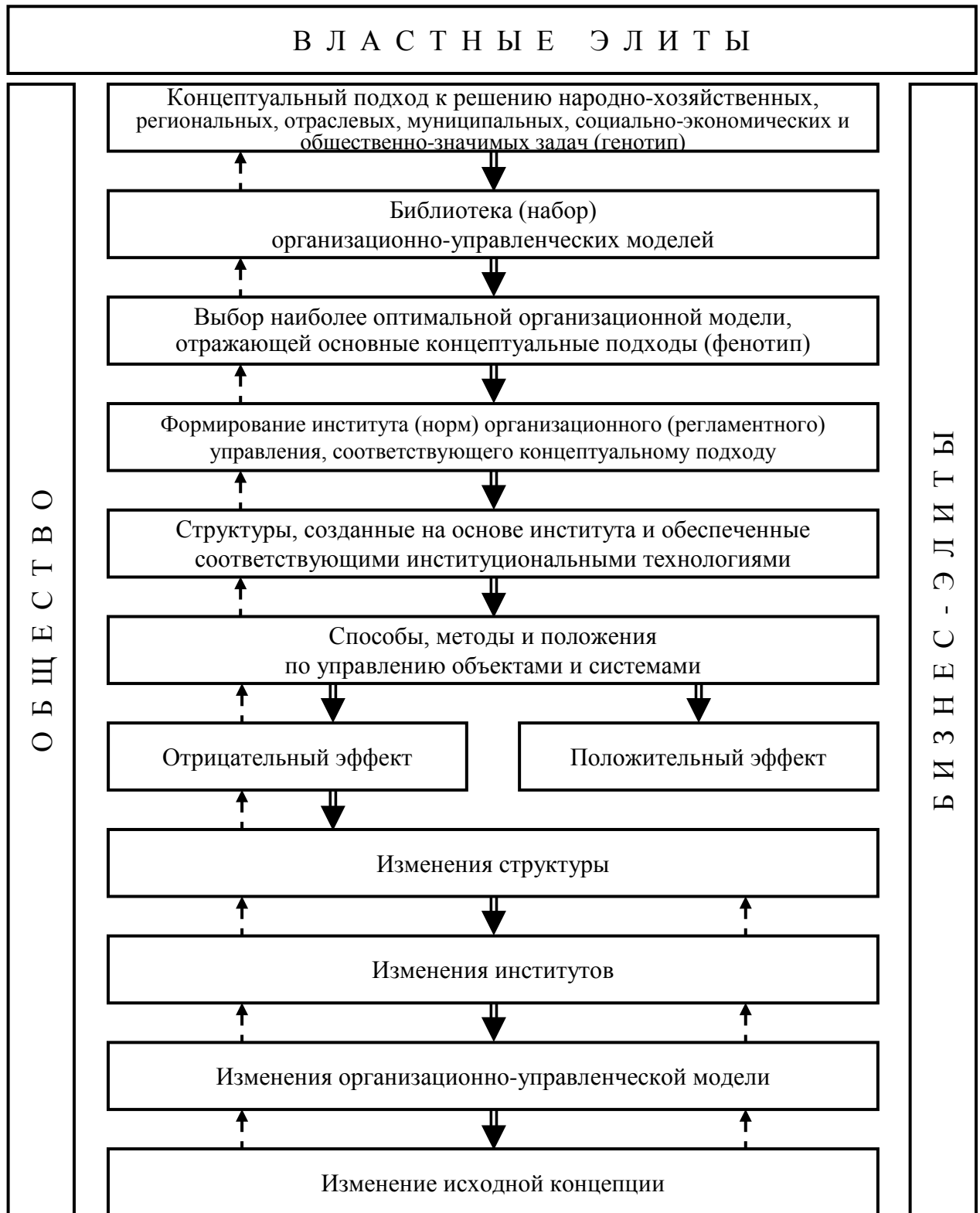


Рис. 1. Структура процесса концептуального проектирования

За единицу регламентации при этом принимается некоторая организационная процедура в виде строго определенного и скрупулезно выверенного текста. В нем задается четкий алгоритм действий исполнителя.

Идея концептуального проектирования предполагает, что ни одна организационная процедура не противоречит другой и что при этом обеспечивается на непротиворечивой основе внесение необходимых изменений в разработанные регламенты [6].

В системе концептуального проектирования регламент предстает собой совокупность норм и правил упорядоченной деятельности отдельных исполнителей и организаций в виде административно-организационных документов. Это должно обеспечить эффективность системы управления и уменьшить уровень неформальных отношений в деятельности организации и в её внешних взаимоотношениях [7].

Регламентное управление формируется у нас не на основе единых и общепринятых концепций, а исходя из интересов различных субъектов, ответственных за их реализацию. В своих регламентах они далеко ушли от исходных концептуальных положений. Тем самым отвечающая объективным запросам общества концепция «растаскивается» на отдельные подведомственные фрагменты и практически в них растворяется. А синергетический эффект от подобного взаимодействия стейкхолдеров концепции оказывается, как правило, негативным.

Объектом организационного управления являются процессы формирования организаций на основе концептуального проектирования и разработки определенных институтов, регламентирующих стандарты и положения, правила и инструкции деятельности [8, 9].

К сожалению, в создавшейся экономической обстановке инновации организационно-управленческого характера являются отстающими и объективно вынужденно-догоняющими по отношению к технико-технологическим инновациям. В свою очередь, это отрицательно влияет на продвижение и коммерциализацию последних.

Общество постоянно формирует спрос на институты (иногда положительный, а иногда и отрицательный), который поддерживается расходами государства и отражается в расходах тех, кто искажает суть институтов. Отсутствие или недостаток строгих формальных институтов (институциональный вакуум) не способствует уменьшению трансакционных издержек при осуществлении взаимодействия субъектов ИСД и ГСД.

В целом институциональные технологии – это технологии разработки, а также импорта инновационных институтов, отвечающих запросам времени и приводящих к сокращению трансакционных издержек социально-экономических систем. Так как процесс формирования институтов является длительным и требующим значительных затрат времени и ресурсов, то многие государства и отдельные предприятия активизируют процессы импорта эффективных институтов. Хорошими примерами здесь могут быть институты ипотеки, КАСКО и ОСАГО.

Таким образом, наряду с рынками товаров, услуг и технологий сегодня возникли и существуют «рынки институтов» и институциональных технологий.

Суть формирования институтов состоит в разработке необходимых правил поведения субъектов в экономической деятельности их отдельных исполнителей и системы ограничений. Различают четкие и нечеткие институты [1]. Нечеткие институты ведут к неэффективному функционированию организаций. Они недостаточно хорошо регламентированы и представляют собой так называемые «институты-инвалиды». В качестве примера можно привести институт саморегулирования в строительстве. В четких институтах нерациональные и неэффективные нормы и правила не должны иметь место.

Известны три составные части формирования института: цели, технологии, ресурсы и три ключевых требования к эффективному их функционированию – адекватность, результативность и эффективность. Отсутствие любого из них порождает «институт-инвалид».

Немаловажной характеристикой института является его стоимость.

Сокращение стоимости институтов ведет к сокращению транзакционных издержек при осуществлении государственных расходов и сокращению налогов. Это в свою очередь приводит к увеличению нормы прибыли, повышению инвестиционной активности и экономическому росту.

Однако не все так просто. Эффективность институтов, как известно, зависит от уровня культуры населения [1].

При этом социально-экономические системы с высоким культурным уровнем населения, соответствующим уровню разрабатываемых или применяемых институтов, обеспечивают более активный экономический рост, чем подобные системы с невысоким уровнем культуры.

Данный концептуально-институциональный подход может быть использован и при решении проблемы инвестиционной привлекательности регионов.

Разработка новой концепции инвестиционной привлекательности региона остается сегодня также актуальной. На этапе территориального планирования, проектирования и капитального строительства она должна основываться прежде всего на сокращении для инвестора времени освоения инвестиций, улучшении сервисов по их движению и обслуживанию, а также на снижении административных барьеров при осуществлении ИСД и ГСД и предоставлении различного вида гарантий по их защите.

В свою очередь на этапе ввода объектов в эксплуатацию концепция инвестиционной привлекательности региона должна основываться на сокращении сроков окупаемости инвестиций и предоставлении гарантий получения прибыли для инвестора.



Что же должно включать в себя понятие «инвестиционная привлекательность региона»?

Прежде всего можно отметить две основных составляющих инвестиционной привлекательности региона: социальные и инфраструктурные институты и критерии (рис. 2).



Рис. 2 Составляющие инвестиционной привлекательности региона

Регион, не обладающий всем этим «джентельменским» набором вряд ли может претендовать на имидж привлекательного в условиях глобальной конкуренции. Поэтому переход на новый уровень инвестиционной привлекательности региона должен обуславливаться повышением требований со стороны власти, бизнеса и общества к инженерной инфраструктуре, объектам капитального строительства и социальной инфраструктуры, к коммуникациям между элементами инфраструктуры территорий (городов), созданию удобной комфортной среды проживания для жителей территорий, реализации комплексных социально-экономических и технических проектов по развитию территорий.

Что можно противопоставить и чем можно дополнить тренд инвестиционной привлекательности территории?

Речь может здесь идти, например, об активном вхождении на конкурентной основе российских строительных организаций в мировую инвестиционно-строительную сферу. Хотя известно [10, 11], что объемы строительно-монтажных работ российских компаний в течение длительного времени на один, два порядка меньше «домашних» и зарубежных заданий иностранных коллег в сфере освоения инвестиций (табл. 1).

Таблица 1

Рейтинг ТОП-200 строительных компаний мира за 2013 год

№ п/п	Страна	Количество строительных компаний в рейтинге	Интервал распределения мест строительных компаний страны в рейтинге
	Испания	13	1-159
	Германия	5	2-106
	США	17	3-192
	Франция	4	4-165
	Австрия	2	6-72
	Швеция	2	8-32
	Китай	47	9-196
	Италия	15	11-199
	Бразилия	4	12-141
	Южная Корея	12	13-189
	Нидерланды	3	18-67
	Великобритания	3	21-193
	Япония	13	27-182
	Австрия	4	33-190
	Индия	4	47-173
	Турция	27	52-200
	Португалия	2	59-125
	Бельгия	1	69
	Ирландия	1	80
	Ливан	2	99-144
	Канада	1	100
	Египет	1	105
	Израиль	1	109
	Греция	3	124-156
	Иран	2	118-197
	ОАЭ	2	119-161
	Мексика	1	122
	Тайвань	1	131
	Дания	1	151
	Таиланд	1	186

Как быть в данном случае и где выход?

По сравнению с промышленным способом производства, где продукция свободно обращается на рынке товаров, в инвестиционно-строительной сфере такой свободой обладает не строительная продукция – здания и сооружения («привязанные» к земле), а

рабочая сила и средства производства. Глобальный рынок промышленных товаров в этом случае заменяется на конкурентный мировой рынок инвестиционно-строительных услуг.

Российским строительным компаниям необходимо, видимо, отказаться от ожидания «чуда» возникновения инвестиционной привлекательности регионов и отраслей страны для третьих, где-то существующих, лиц и переходить на идеологию развития экспансионистских инвестиционно-строительных устремлений и наращивания объемов строительно-монтажных работ в других странах. Это, в свою очередь, должно повлечь за собой так необходимые изменения в системе ценностных ориентаций, в ментальности менеджмента и в эффективном концептуально-регламентом управлении ИСД и ГСД.

Сегодня для выхода наших строительных организаций на зарубежные строительные рынки есть и доступно практически все – технологии, оборудование, материалы, конструкции, изделия и комплектующие. Наконец есть общепринятые стандарты управления проектами, используемые в ИСД и ГСД как в России, так и в других странах мира.

Среди строительных компаний за рубежом отличились:

- «Grypo ACS» (Мадрид, Испания);
- «HOCHTIFE AG» (Эссен, Германия);
- «Bechtel» (Сан-Франциско, штат Калифорния, США);
- «VINCI» (Рюэй-Мальмезон, Франция).

Первые четыре строительные компании из мирового ТОП-200 за 2013 год показали объемы работ вне пределов своих стран от 1,2 до 2,6 трилл. руб.

Безусловно ключ к решению внутренних инвестиционно-инновационных проблем организационного управления развитием [12,13,14] регионов может лежать только в контактной (как у боксеров!) конкуренции с сильными соперниками на мировом уровне в ИСД и ГСД. Было бы желание и хватило бы креативности и квалификации для того, чтобы составить действенную конкуренцию иностранным строительным фирмам инвестиционно привлекательных и экономически развитых стран [10] в процессе проведения подрядных торгов на их территории (табл. 2). При этом, надо иметь ввиду, что если инвестиционная привлекательность территорий связана с неопределенным временным лагом ожидания некоего разрешения данной коллизии, то инвестиционно-строительная экспансия это действие, зависящее от её инициаторов – российских строительно-монтажных организаций.

Таблица 2

**ТОП-10 инвестиционно-привлекательных стран**

ТОП-10 инвестиционно-привлекательных стран		
США	Германия	Франция
Китай	Великобритания	Индия
Канада	Япония	Сингапур
	Австрия	

При этом речь идет не о противопоставлении инвестиционной привлекательности региона и инвестиционно-строительной экспансии, а о дополнении одного другим. Необходимо дополнить и эффективно сочетать существующий в инвестиционно-строительной сфере страны региона тренд на инвестиционную привлекательность территории с трендом инвестиционно-строительной экспансии строительно-монтажных организаций за рубеж.

### Библиографический список

1. Нечеткие институты, культура населения и институциональная энтропия. Электронный ресурс: [http://kapital-rus.ru/articles/article/nchetkie\\_instituty\\_kultura\\_naseleniya\\_i\\_institucionalnaya\\_entropiya/](http://kapital-rus.ru/articles/article/nchetkie_instituty_kultura_naseleniya_i_institucionalnaya_entropiya/)
2. Чернышев С.Б. Гены менеджмента. «ЭкспертУрал» № 31, 23-29 августа 2004 г., с. 44-46
3. Чернышев С.Б. Основы Корпоративного принятия решений. Лекция 17. Проблемы концептуального проектирования. Электронный ресурс: [http://www.ckp.ru/biblio/texts\\_okpr/16\\_420.html](http://www.ckp.ru/biblio/texts_okpr/16_420.html)
4. Сводный отчет по научно-исследовательской теме. «Разработка и применение методы автоматизированного проектирования систем организационного управления». Тема № 4950 института Оргэнергострой. Тема № 37-8-75 Госстроя СССР. 1975 г.
5. Организационное оружие Спартак Никанорова. Электронный ресурс: <http://www.corpo.ru/node/640>
6. Никаноров С.П. Концептуальное проектирование организаций как средство решения проблемы управляемости. Электронный ресурс: [http://www.supir.ru/index.php?article\\_id=28&m=articles](http://www.supir.ru/index.php?article_id=28&m=articles)
7. Регламентное управление и разделение ответственности. Менеджмент. Методы принятия управленческих решений. Электронный ресурс: [http://studme.org/1931071011612/menedzhment/reglamentnoe\\_upravlenie\\_razdelenie\\_otvetstvennosti](http://studme.org/1931071011612/menedzhment/reglamentnoe_upravlenie_razdelenie_otvetstvennosti)
8. Измалков С. Механизмы, стимулы и институты. Журнал «Вопросы экономики» № 1, 2008 г.
9. Методология концептуального проектирования систем организационного управления. Электронный ресурс: [http://finances.social/biznes\\_760\\_762/metodologiya-kontseptualnogo-proektirovaniya-27176.html](http://finances.social/biznes_760_762/metodologiya-kontseptualnogo-proektirovaniya-27176.html)
10. ТОП-200 крупнейших строительных компаний мира за 2014 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://total-rating.ru/459-krupneyshie-stroitelnye-kompanii-mira.html> (дата обращения 10.02.2017г.)
11. Рейтинг самых крупных строительных компаний России за 2014 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://7idey.ru/samye-krupnye-stroitelnye-kompanii-rossii/> (дата обращения 10.02.2017 года)
12. Сытник О.В. Сущность и место организационно-управленческих инноваций в иерархии инноваций компании. Корпоративное управление и инновационное развитие экономики Севера. Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета. Электронный научный журнал. № 4, 2014 г.
13. Курбанова Д.М. Институциональные особенности формирования и развития инновационной экономики. Электронный ресурс: <http://narodirossii.ru/?p=15565>
14. Гундырина Т.О. Институциональные инновации как форма институциональных изменений. Экономическая теория

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЗОН ПОРАЖЕНИЯ ПРИ АВАРИИ НА АММИАКОПРОВОДЕ**

*Закоулова А. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Сюткина Е. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Гурьев Е. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Полуян Л. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Дан справочный обзор по аммиакопроводам в мире, анализ зарубежной и отечественной нормативной базы по оценке риска при авариях на аммиакопроводах. Разработана комплексная методика оценки поражающих воздействий при авариях на аммиакопроводах. Методика включает моделирование аварии, определение количества выброса аммиака с учетом топографии поверхности и зон поражения. Оценка зон поражения выполнена в программных комплексах ALOHA и ТОКСИ+<sup>Risk</sup> 4.4.1.

**Ключевые слова:** программный комплекс ALOHA, ТОКСИ+<sup>Risk</sup>, аммиакопроводы, зоны поражения, выброс, авария, токсичность, химическая опасность.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**METHODOLOGY OF IMPACT AREAS  
ASSESSMENT IN THE CASE OF EMERGENCY  
AT AMMONIA PIPELINES**

*Zakoulova A. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Syutkina E. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Poluyan L. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Guryev E. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The information review on ammonia pipelines in the world, analysis of foreign and domestic regulatory system on risk assessment at emergencies at ammonia pipelines is provided. The complex methodology of destructive effects assessment at emergencies at ammonia pipelines is developed. The methodology includes emergency modeling, determination of ammonia

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

### III International Conference «Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures»

emission quantity considering surface topography and impact areas. Assessment of impact areas is performed in the software systems ALOHA and TOXI+<sup>Risk</sup> 4.4.1.

**Key words:** Software system ALOHA, TOXI+Risk, ammonia pipelines, chemically hazardous substances, impact areas, выброс release, accident, toxic, chemical hazard.

Транспортировка больших объемов жидкого аммиака по трубопроводу на большие расстояния является более экономичным, чем баржевые перевозки или перевозки по железной дороге. Наибольший интерес представляют аммиакопроводы, которые находятся в США, России и Украине.

На протяжении нескольких десятилетий в Соединенных Штатах надежно работают трубопроводы, транспортирующие жидкий аммиак. Эти трубопроводы, как правило, подземные и не испытывают существенным образом внутренней коррозии.

Магистральными трубопроводами являются:

- Центральный залив. Центральный залив является самой длинной системой, его длина составляет 3057 км. Он соединяет крупных производителей вдоль побережья Техаса и Луизианы в Мексиканском заливе с терминалами в Арканзасе, Айова, Иллинойсе, Индиане, Небраске и Миссури.
- MAPCO. Трубопроводная система MidAmerica (MAPCO) простирается от Северного Техаса, через Оклахому, Канзас, Небраску и Айову, и заканчивается в штате Миннесота, во всех интенсивных сельскохозяйственных районах. Общая длина составляет 1754 км.
- Тампа. Протяженность трубопровода Тампа-Бэй во Флориде составляет 132 км.

Трубопроводный транспорт жидкого аммиака в Европейском Союзе не является столь значимым, как в США и в России. В эксплуатации находятся относительно короткие трубопроводные системы в Бельгии, Германии, Нидерландах, Португалии, Великобритании (табл. 1). Анализ известных аварий на аммиакопроводах показал, что наибольшее число аварий происходит из-за работ по техническому обслуживанию – 23 % и усталости металла, трещин, свищей (износ оборудования) – 23 %, наименьшее количество аварий происходит из-за избыточного давления в аммиакопроводе – 8 % (рис. 1).

На рис. 2 и 3 представлены аммиакопроводы, эксплуатирующиеся в Европе, США, России и Украине.

### **Характеристика аммиакопровода Тольятти-Одесса**

В России эксплуатируется 1396 км единственного в стране и пятого по счету в мире аммиакопровода Тольятти-Одесса. Его общая длина, с учетом украинского участка, составляет 2417 км. Аммиакопровод полностью введен в эксплуатацию в 1981 году, имеет самый длинный воздушный переход (720 м) через реку Днепр в Запорожской области, проложен на глубине 1,4 м, оснащен автоматической системой оповещения при возникновении нештатных ситуаций. Для сравнения: нефтяники зачастую ограничиваются глубиной прокладки трубопровода в 80 см. В отличие от американских стандартов,



советские ГОСТы предписывали, чтобы в радиусе километра от трубы не было ни одного населенного пункта. Контроль за каждым участком аммиакопровода ведется постоянно.

Таблица 1

## Характеристика аммиакопроводов Европейского Союза

Месторасположение	Над/подземный	Длина (км)	Рабочее давление (бар)	Рабочая температура (°C)	Диаметр (мм)	Мощность (т в сутки)
Бельгия						
Pipeline 1	Подземный	10	22	10-15	100 и 150	3100
Pipeline 2	Надземный	12	22	10-15	100 и 150	3100
Германия						
Pipeline 1	Подземный	24	21	5-40	50-200	2600
Pipeline 2	Подземный	2.8	11	5-40	150	1900
Pipeline 3	Надземный	12	10-15	1-5	275	3600
Италия						
Pipeline 1	Надземный	74	17	10	200	900
Нидерланды						
Pipeline 1	Подземный	5.8	16	5	100-200	3000
Pipeline 2	Подземный	1	10	-32	80	1000
Польша						
Pipeline 1	Подземный	1.2	10-15	-30	200	1500
Pipeline 2	Подземный	1.5	13	-7 до 0	75,100,150	120
Pipeline 3	Подземный	6	8-13	-33 до -15	350	14000
Pipeline 4	Подземный	5.9	8-13	-33 до -15	100	600
Pipeline 5	Подземный	1.2	5-22	-5	150	1680
Португалия						
Pipeline 1	Подземный	1.9	13	-30	100	900
Испания						
Pipeline 1	65% надземный	10	14.5	13	150 и 350	860
Pipeline 2	95 % подземный	1.5	3.5-4.5	-33	300	10000
Pipeline 3	90 % надземный	2.4	6	-33	300	12000
Pipeline 4	Подземный	4.2	15-18	8-15	100	390
Великобритания						
Pipeline 1	Подземный	8.8	30	-32	100 и 150	240
Pipeline 2	Подземный	6.9	21	-33 до +25	150	1440
Pipeline 3	Подземный	6.8	21	-28	150	1440
Pipeline 4	Подземный	2.2	14	-29 до 0	100	290
Pipeline 5	Подземный	1.6	14	-29 до 0	100	240
Pipeline 6	Подземный	2	2-5	-32	300	12000
Pipeline 7	Подземный	2	2-5	-32	75	600



Рис. 1. Основные причины аварий на аммиакопроводах

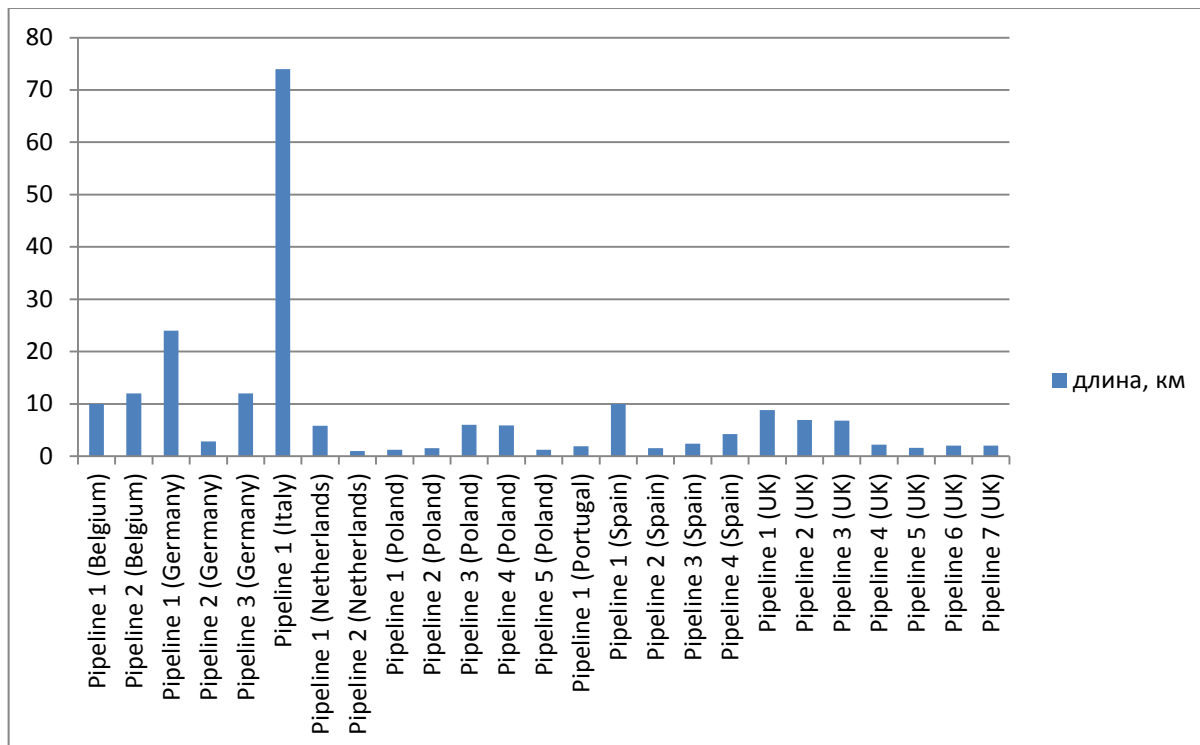


Рис. 2. Аммиакопроводы эксплуатирующиеся в Европе

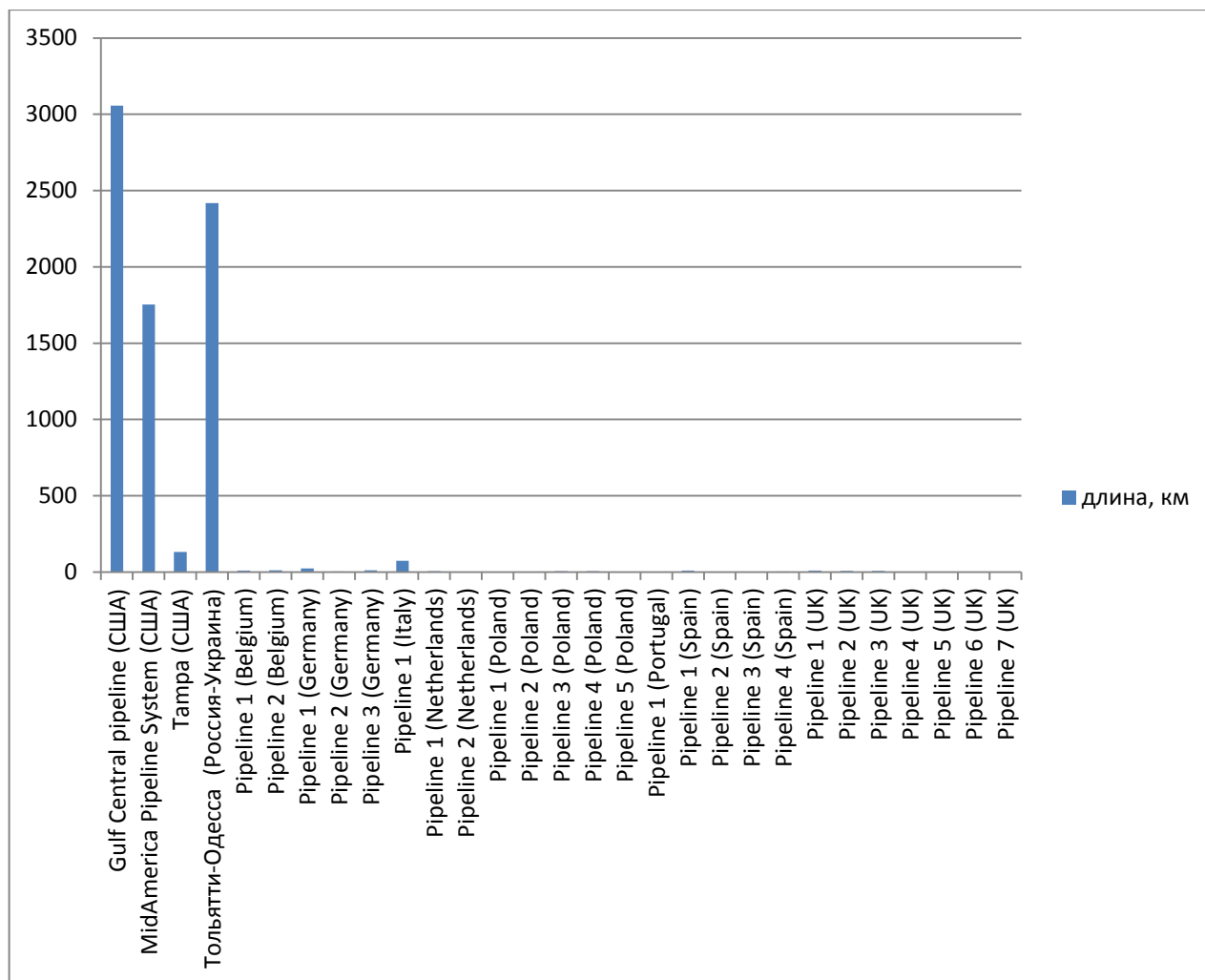


Рис. 3. Основные аммиакопроводы эксплуатирующиеся в мире

По всей трубе с шагом в 5 км расположены краны, которые автоматически перекрывают подачу аммиака в аварийных ситуациях. О надежности аммиакопровода Тольятти-Одесса говорит тот факт, что на нем практически за 30 лет эксплуатации (с 1981 по 2013 г.) не было ни одной крупной аварии. Однако пренебрежение требованиями безопасности привело 24 августа 2013 года к аварии на Горловском химическом заводе, в настоящее время ПАО «Концерн Стирол» (Украина). Основными причинами неудовлетворительное состояние трубопровода жидкого аммиака стало длительное коррозионное воздействие окружающей среды и эрозионное воздействия рабочей среды.

В настоящее время, наряду со значительным износом самого аммиакопровода «Тольятти - Одесса» и возможностью техногенной аварии, существует угроза осуществления террористического вандализма, поскольку аммиакопровод проходит по территории, на которой ведутся боевые действия. Следовательно, разработка методики и проведение расчетов воздействия аммиака на окружающую среду в случае аварии является актуальной задачей. При этом следует отметить, что на данный момент отсутствует нормативная база по

оценке риска на аммиакопроводах. Нормативно-техническая документация, как в России, так и за рубежом направлена в основном на площадные объекты [1–7].

### Методика расчета зон поражения при аварии на аммиакопроводе

Определим величину выброса аммиака в зависти от места и размера аварии, времени ее обнаружения и устранения. Предположим, что на участке аммиакопровода произошла авария с выбросом опасного вещества. Для того чтобы оценить масштабы аварии, нужно рассчитать, какое количество аммиака попало в атмосферу. Вначале необходимо определить длину секции аммиакопровода, на которой произошла авария и само место аварии.

Согласно пункту 21 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности [1]: «Длина каждой секции обосновывается в проектной документации/ документации в зависимости от ее внутреннего объема, топографических, геологических и других местных условий, но должна быть не более 15 км при условном диаметре трубопровода до 350 мм включительно и не более 10 км при большем (до 500 мм включительно) условном диаметре трубопровода».

Для расчета примем длину секции равной 10 км. Диаметр труб аммиакопровода составляет 355,6 мм, толщина стенок – 8 мм. Внутренний диаметр аммиакопровода:  $d = D - 2\delta = 355,6 - 2 \cdot 8 = 339,6$  мм. Аммиак транспортируется в жидком состоянии под давлением до 35 атмосфер (3,546 МПа) с температурой 4°C.

По данным на июнь 2016 г. мощность аммиакопровода составляет около 3 миллионов тонн в год. Примем, что аммиакопровод работает 350 дней в году из 365 с остановкой на ремонтные или профилактические работы. Таким образом, часовой расход в аммиакопроводе составит:

$$Q = \frac{3000000 \text{ т}}{350 \text{ дн}} = \frac{3000000 \text{ т}}{350 \cdot 24 \text{ ч}} = 360 \text{ т/ч} \quad (1)$$

При плотности жидкого аммиака равной 640 кг/м<sup>3</sup>, объемный расход аммиака в аммиакопроводе равен:

$$Q = \frac{360 \frac{\text{т}}{\text{ч}}}{640 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} = \frac{360 \cdot 1000 \frac{\text{кг}}{\text{ч}}}{640 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}} \cong \frac{560 \text{ м}^3}{\text{ч}} = \frac{560 \text{ м}^3}{3600 \text{ с}} = 0,16 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2)$$

Для того чтобы определить какое количество аммиака при аварии попадет в окружающую среду, необходимо определить давление на конце расчетного участка аммиакопровода.

Для этого найдем падение давления в аммиакопроводе по формуле [9]:

$$\Delta p = \lambda * \frac{L}{d} * \frac{\rho}{2} * v^2, \quad (3)$$

где  $\Delta p$  – перепад давления на участке трубы, МПа;  $L$  – длина участка трубы, м;  $\lambda$  – коэффициент трения;  $d$  – внутренний диаметр трубы, м;  $\rho$  – плотность перекачиваемой среды, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость потока, м/с.

Режим течения может быть определен по значению критерия Рейнольдса (Re), для расчета которого предварительно необходимо определить скорость потока аммиака в трубе ( $v$ ). Величину  $v$  можно рассчитать из уравнения расхода для трубы круглого сечения:

$$Q = \frac{v * (\pi * d^2)}{4}, \quad (4)$$

где  $Q$  – расход аммиака, м<sup>3</sup>/с;  $v$  – скорость потока аммиака в трубе, м/с;  $d$  – условной диаметр трубы, м. Следовательно:

$$v = \frac{Q * 4}{(\pi * d^2)} = \frac{0,16 * 4}{(3,14 * 0,3396^2)} = 1,77 \text{ м/с} \quad (5)$$

Найдем критерий Рейнольдса (Re):

$$Re = \frac{v * d_r * \rho}{\mu} = \frac{1,77 * 0,3396 * 640}{0,226 * 10^{-3}} = 1\,702\,207, \quad (6)$$

где  $\rho$  – плотность перекачиваемой среды, кг/м<sup>3</sup>;  $v$  – скорость потока аммиака в трубе, м/с;  $d_r$  – гидравлический диаметр (для круглого сечения гидравлический диаметр равен геометрическому диаметру), м;  $\mu = 0,226 * 10^{-3}$  – динамический коэффициент вязкости, Па\*с.

Критерий Рейнольдса находится в границах:

$$Re > 500 * d / \Delta = 500 * 339,6 / 0,2 = 849\,000,$$

где  $\Delta$  – абсолютная шероховатость трубы, согласно [10] равна  $20 * 10^{-2}$  мм,  $d = 339,6$  мм – внутренний диаметр трубы.

Отсюда можно сделать вывод о том, что течение аммиака происходит в режиме квадратичного сопротивления (вполне шероховатого трения) и, следовательно, коэффициент трения  $\lambda$  вычисляется по формуле Шифринсона [10]:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} = 0,11 \left( \frac{0,2}{339,6} \right)^{0,25} = 0,017 \quad (7)$$

Падение давления в аммиакопроводе определим по формуле (3):

$$\Delta p = 0,017 * \frac{10000}{0,3396} * \frac{640}{2} * 1,77^2 = 0,5 \text{ МПа}$$

Следовательно, давление в в конце участка аммиакопровода равно

$$p_k = p_n - \Delta p = 3,546 - 0,5 = 3,046 \text{ МПа.}$$

На рис. 4 представлена трасса 52-километрового участка аммиакопровода.

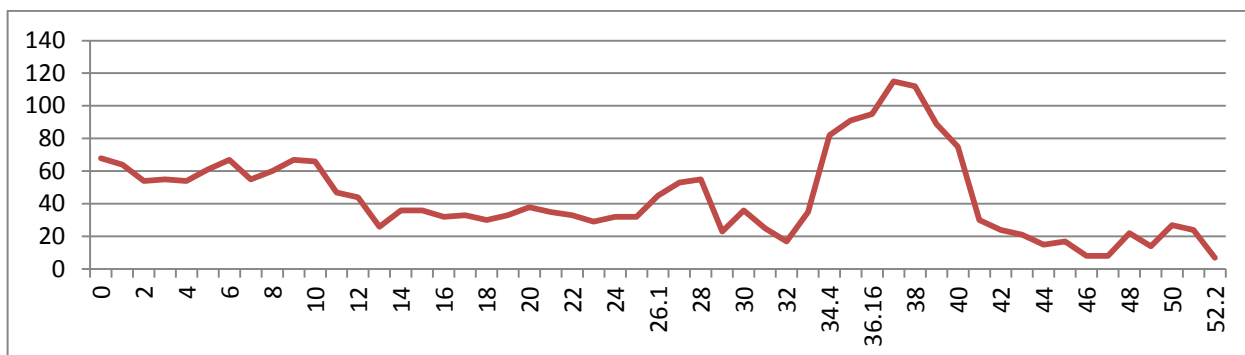


Рис. 4. Трасса аммиакопровода

На рис. 5 представлен 10-километровый участок аммиакопровода, который выбран для оценки риска.

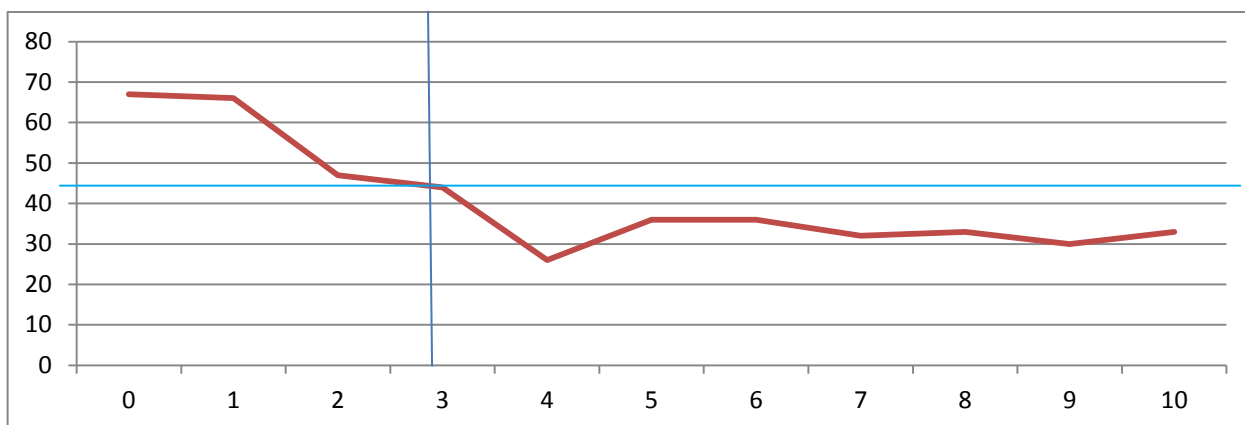


Рис. 5. Участок аммиакопровода для нахождения  $V_3$  (авария на 3 км)

Примем, что на 3-м километре аммиакопровода с протяженностью  $L = 10$  км произошел «гильотинный» разрыв ( $0,091 \text{ м}^2$ ).

Объем аммиака при «гильотинном» разрыве равен сумме трех объемов [8]:

$$V = V_1 + V_2 + V_3, \quad (8)$$

где  $V_1$  – объем аммиака, вытекшего во время закрытия задвижек;  $V_2$  – объем аммиака, который вытекает до тех пор, пока давление в аммиакопроводе не станет равно атмосферному давлению;  $V_3$  – объем остаточного аммиака.

Расчет объема аммиака  $V_1$ . Напор в начале и конце аммиакопровода равны:

$$H_H = z_H + \frac{p_H}{\rho * g} = 67 + \frac{3,546 * 10^6}{640 * 9,81} \cong 631,79 \text{ м} \quad (9)$$

$$H_K = z_K + \frac{p_K}{\rho * g} = 33 + \frac{3,046 * 10^6}{640 * 9,81} \cong 518,16 \text{ м} \quad (10)$$

где  $z_H, z_K$  – высотные отметки в начале и конце аммиакопровода, соответственно;  $p_H, p_K$  – давление в начале и конце участка аммиакопровода, соответственно.

Гидравлический уклон равен:

$$i = \frac{H_H - H_K}{L} = \frac{631,79 - 518,16}{10000} = 11,36 * 10^{-3} \quad (11)$$

Напор в месте разгерметизации отверстия:

$$H_* = H_H - i * l_* = 631,79 - 11,36 * 10^{-3} * 3000 \cong 597,71 \text{ м} \quad (12)$$

Разность напоров равна:

$$\Delta H = H_* - z_* = 597,71 - 44 = 553,71 \text{ м}, \quad (13)$$

где  $z_*$  – высотная отметка сечения, в котором расположено сквозное отверстие.

Расход жидкости равен:

$$q = \mu * S * \sqrt{2 * g * \Delta H} = 0,62 * 0,091 * \sqrt{2 * 9,81 * 553,71} = 5,88 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}, \quad (14)$$

где  $S$  – площадь отверстия, а  $\mu$  – коэффициент расхода. Для отверстий в тонких стенках обычно принимают  $\mu = 0,62$ .

Объем аммиака за первый промежуток равен:

$$V_1 = q * t_1 = 5,88 * 300 = 1764 \text{ м}^3 \quad (15)$$

где  $t_1$  – время до закрытия задвижки запорной арматуры.

Расчет объема аммиака  $V_2$ . Расход жидкости равен:

$$\begin{aligned} q &= \mu * S * \sqrt{2 * g * \left[ (z - z_*) * \frac{p_H}{\rho * g} \right]} = \\ &= 0,62 * 0,091 * \sqrt{2 * 9,81 * \left[ (67 - 44) * \frac{0,1013 * 10^6}{640 * 9,81} \right]} = 4,81 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \end{aligned} \quad (16)$$

Объем аммиака за второй промежуток равен:

$$V_2 = q * t_2 = 4,81 * 600 = 2886 \text{ м}^3, \quad (17)$$

где  $t_2$  – время, принимаемое равным 10 минутам.

Расчет объема аммиака  $V_3$ . На рис. 5 представлен участок аммиакопровода для расчета длины опорожнившегося участка.

Опорожняется участок аммиакопровода от 0 до 3 км, длина участка равна 3000 м.

Объем аммиака за третий промежуток равен:

$$V_3 = \frac{\pi d^2}{4} * L = \frac{3,14 * 0,3396^2}{4} * 3000 = 271,6 \text{ м}^3 \quad (18)$$

Суммарный объем аммиака, который вытечет при «гильотинном» разрыве, по формуле (8) равен:

$$V = V_1 + V_2 + V_3 = 1764 + 2886 + 271,6 = 4921,6 \text{ м}^3$$

Рассмотрим сценарий развития аварии на трубопроводе при коррозионном отверстии площадью  $4 \text{ см}^2$  и времени обнаружения выброса через 12 часов.

Расход жидкости по формуле (14) равен:

$$q = 0,62 * 0,0004 * \sqrt{2 * 9,81 * 553,71} = 25,85 * 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Объем аммиака, вытекшего за 12 часов, равен:

$$V = 25,85 * 10^{-3} * 12 * 3600 = 2233,44 \text{ м}^3$$

В расчетах рассмотрены 2 сценария развития аварии: 1 сценарий – «гильотинный» разрыв, утечку обнаружили в течение нескольких минут; 2 сценарий – коррозионное отверстие площадью  $4 \text{ см}^2$ , утечку обнаружили в течение 12 часов с момента выброса.

При «гильотинном» разрыве в атмосферу попадет  $4921,6 \text{ м}^3$  аммиака, при разгерметизации аммиакопровода с коррозионным отверстием площадью  $4 \text{ см}^2$  –  $1116,72 \text{ м}^3$  аммиака.

Расчет зон химического поражения при данных сценариях развития аварии сначала проведен с помощью ПК ТОКСИ+<sup>Risk</sup>, версия 4.4.1.

В таблице 2 представлены исходные данные по аварии, на рис. 6, 7 ситуационные планы по результатам расчета в ПК ТОКСИ+<sup>Risk</sup>.

В таблице 3 представлены исходные данные по аварии и результаты расчета зон поражения, а на рисунках 8, 9 ситуационные планы по результатам расчета в ПК АЛОНА.



Исходные данные аварии

Причина аварии	«Гильотинный» разрыв трубопровода	Образование коррозионного отверстия площадью 4 см <sup>2</sup>
Объем выброса	4921,6 м <sup>3</sup>	1116,72 м <sup>3</sup>
Температура поверхности местности, t	20°C	
Температура воздуха, t	20°C	
Класс устойчивости атмосферы	F	
Скорость ветра на высоте 10 м (северный)	1 м/с	
Время экспозиции	1800 с	
Параметры оборудования	35 атм, 4°C	
Параметры пролива	Свободный пролив, hслюя = 0,05 м	

Таблица 3

Исходные данные аварии и результаты расчета в ПК ALOHA

Параметры	«Гильотинный» разрыв трубопровода	Образование коррозионного отверстия площадью 4 см <sup>2</sup>
Объем выброса	4921,6 м <sup>3</sup>	1116,72 м <sup>3</sup>
Stability Class (Класс устойчивости атмосферы)	F	F
Ground Temperature (температура грунта)	20°C	20°C
Wind: 1 meters/second from ne at 10 meters (Скорость ветра на высоте 10 м)	1 м/с	1 м/с
Смертельное поражение	3.6 kilometers - (1100 ppm = AEGL-3)	2.4 kilometers - (1100 ppm = AEGL-3)

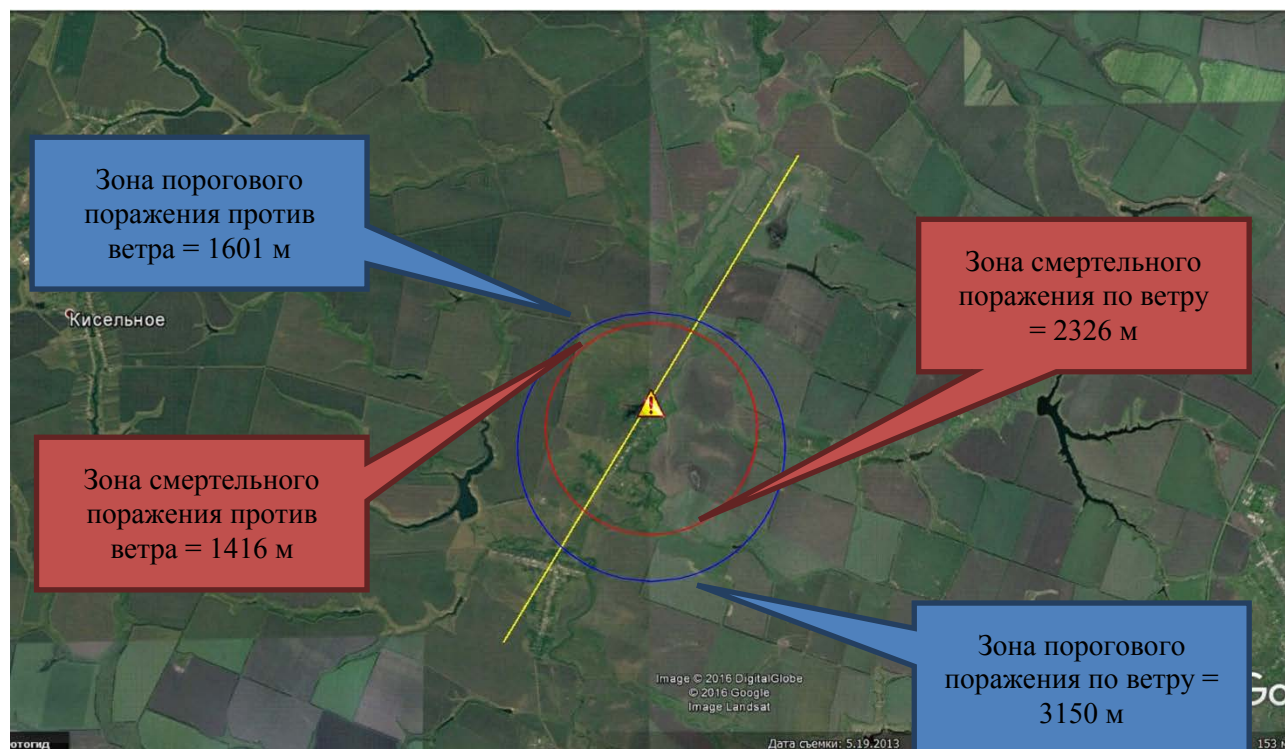


Рис. 6. Ситуационный план химического поражения аммиаком при гильотинном разрыве аммиакопровода

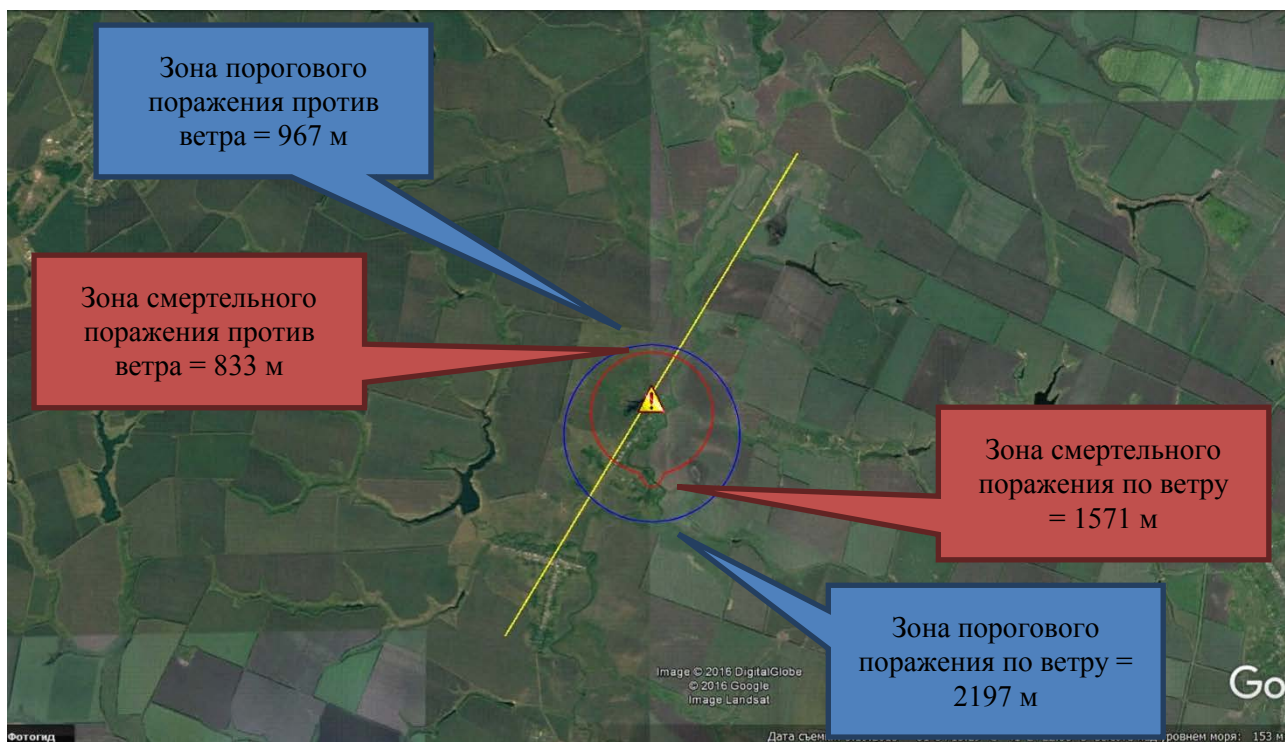


Рис. 7. Ситуационный план химического поражения аммиаком при разгерметизации аммиакопровода

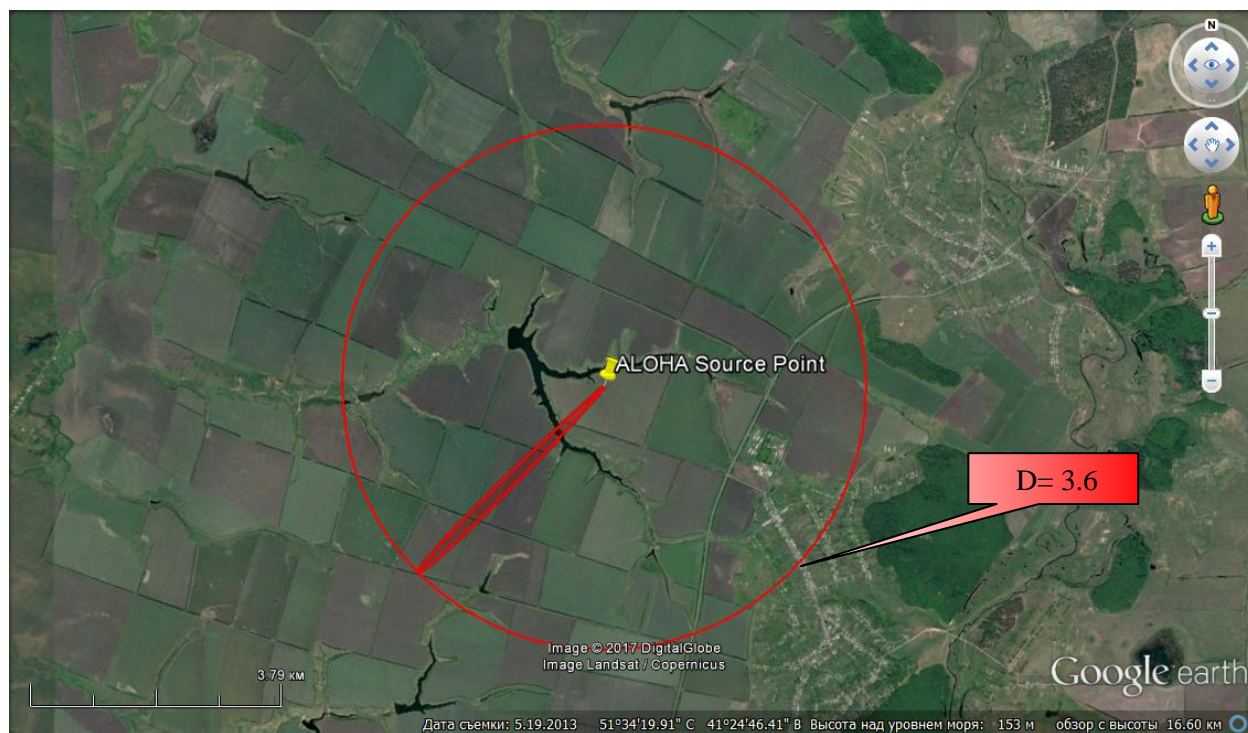


Рис. 8. Зона смертельного поражения при гильотинном разрыве аммиакопровода и рассеивании аммиака в атмосфере при расчетах ПК ALOHA



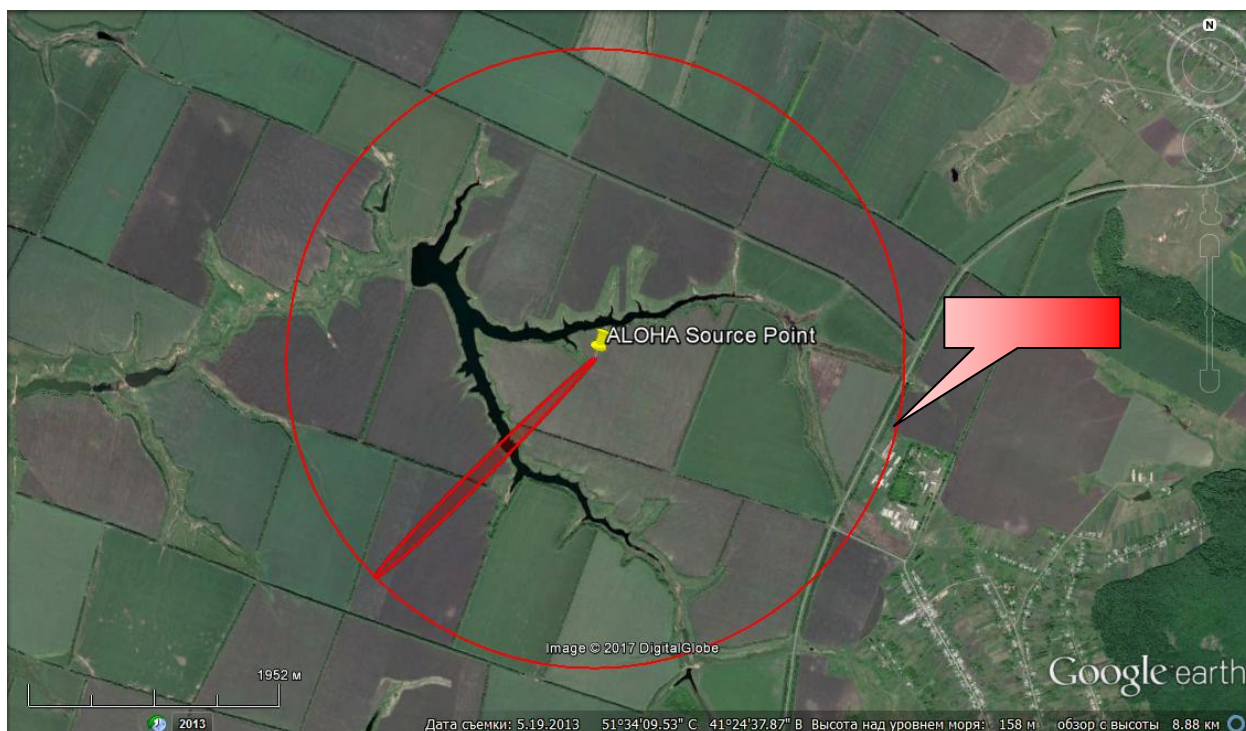


Рис. 9. Зона смертельного поражения при разгерметизации аммиакопровода и рассеивании аммиака в атмосфере при расчете в ПК ALOHA

### Выводы

Методика оценки зон поражения при аварии на аммиакопроводе может быть использована при разработке разделов по анализу риска при разработке деклараций и обоснований промышленной безопасности аммиакопроводов, планов ликвидации и локализации аварий, мероприятий по промышленной безопасности и охране труда.

Сравнивая результаты расчета зон поражения при аварии на аммиакопроводе с выбросом токсичного вещества в ПК ТОКСИ+<sup>Risk</sup> и ПК ALOHA можно сделать вывод, что зоны поражения приблизительно одинаковы. Расхождение в результатах расчета не превысили 10 %.

Несомненным преимуществом ПК ALOHA является оперативность и наглядность при нанесении результатов расчета на геодезическую основу. Поскольку ПК ТОКСИ+<sup>Risk</sup> является дорогостоящим программным продуктом, то в рассматриваемой методике предлагается выполнять расчет химического воздействия аммиака при аварии с использованием ПК ALOHA [11], находящегося в свободном интернет-доступе, что очень важно при использовании методики в исследованиях студентами, аспирантами соответствующих специальностей.

## Библиографический список

1. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов транспортирования жидкого аммиака" (утв. приказом Ростехнадзора от 09.11.2016 № 466).
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности "Правила безопасности для опасных производственных объектов магистральных трубопроводов" (в ред. от 16.12.2013).
3. ПБ 03-557-03. Правила безопасности при эксплуатации железнодорожных вагонов-цистерн для перевозки жидкого аммиака (в ред. от 03.06.03).
4. ПБ 08-258-98. Правила устройства и безопасной эксплуатации магистрального трубопровода для транспортировки жидкого аммиака (в ред. от 9.12.1998).
5. ПБ 09-579-03. Правила безопасности для наземных складов жидкого аммиака (в ред. от 01.08.2006).
6. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте».
7. Ю.А. Дадонов, Д.В. Дегтярев, И.А. Кручинина и др. Оценка риска аварий на магистральном аммиакопроводе «Тольятти - Одесса» // Безопасность труда в промышленности. 2003, № 10, с. 27-30.
8. Лурье М.В. Задачник по трубопроводному транспорту нефти, нефтепродуктов и газа. Учеб. пособие для вузов. – М.: ООО «Недра-Бизнесцентр», 2003. – 349 с.
9. Программный комплекс ТОКСИ<sup>+Risk</sup> (ТОКСИ<sup>+</sup>) для оценки риска и расчета последствий аварий на производственных объектах. Руководство пользователя. ЗАО НТЦ ПБ, 2013. 266 с.
10. Мустафин Ф.М. Способы прокладки трубопроводов с применением обсыпки специально обработанными грунтами// Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2003. № 1.
11. ALOHASoftware. [Электр. ресурс] URL: <https://www.epa.gov/comeo/aloha-software>.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ПОРАЖАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ ПРИ  
АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСАХ ХИМИЧЕСКИ  
ОПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ С  
ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО  
КОМПЛЕКСА ALOHA**

*Сюткина Е. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Гурьев Е. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Полуян Л. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Представлен анализ зарубежного программного комплекса ALOHA. Он позволяет давать количественную оценку зон поражения (барического, теплового, токсического) в случае гипотетических аварий на потенциально опасных объектах нефтегазовой, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности. Комплекс дает оценку и прогноз зон поражения с учетом розы ветров при аварийных выбросах химически опасных веществ. Результаты анализа показали, что программное обеспечение ALOHA может быть активно использовано в образовательных и практических целях для

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

прогнозирования и немедленной оценки чрезвычайных ситуаций (ЧС), оценки ущерба в результате ЧС на территориях муниципальных образований.

**Ключевые слова:** программный комплекс АЛОНА, ТОКСИ+<sup>Risk</sup>, потенциально опасные объекты, химически опасные объекты, зоны поражения, выброс, авария, токсичность, химическая опасность.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**MATHEMATICAL MODELING OF  
DESTRUCTIVE EFFECTS AT EMERGENCY  
EMISSIONS OF CHEMICALLY HAZARDOUS  
SUBSTANCES USING ALOHA SOFTWARE  
SYSTEM**

*Syutkina E. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Poluyan L. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Guryev E. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The analysis of the foreign software system ALOHA is presented. ALOHA software system allows to give quantitative assessment of impact areas (pressure, thermal, toxic) in case of hypothetical accidents in potentially hazardous objects of oil, gas, chemical, petrochemical and oil-processing industry. It gives assessment and forecast of impact areas considering the windrose diagram at emergency emissions of chemically hazardous substances. Results of the analysis showed that ALOHA software can be actively used in educational and practical purposes for forecasting and immediate assessment

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

### III International Conference «Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures»

of emergency situations, assessment of damage as a result of emergencies on territories of municipalities.

**Key words:** Software system ALOHA, TOXI+<sup>Risk</sup>, potentially hazardous objects, chemically hazardous substances, impact areas, release, accident, toxic, chemical hazard.



Оценка зон поражения при выбросах аварийно химически опасных веществ (АХОВ) является частью управления техногенной безопасностью потенциально опасных объектов и территорий в современных условиях [1,2]. ALOHA был разработан в качестве инструмента, способного давать оценку зон поражения при авариях.

Исследованию представлен анализ зарубежного программного обеспечения ALOHA 5.4.6 (далее по тексту ALOHA/ПК), оценивающего зоны поражения в результате химических выбросов. Рассмотрены возможности использования зарубежного программного обеспечения ALOHA, позволяющего количественно оценивать зоны поражения (барического, теплового, токсического) при гипотетических авариях на ПОО нефтяной, газовой, химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности.

ПК ALOHA 5.4.6. разработано и поддерживается с 1991 г. по настоящее время Отделом реагирования на чрезвычайные ситуации (ЧС) при Национальном управлении океанических и атмосферных исследований в сотрудничестве с Департаментом по ЧС и Агентством по охране окружающей среды США и находится в свободном интернет-доступе [3]. ПК предназначен для моделирования химических выбросов для аварийно-спасательных служб и проектировщиков. Его основная задача заключается в обеспечении персонала реагированием на ЧС, связанные с проливами химических веществ. ALOHA является практическим инструментом для обучения и планирования на случай ЧС. В зарубежных исследованиях сделано сравнение адекватности моделей в различных программных продуктах, включая ALOHA и др. в [4, 5].

ALOHA дает оценки пространственной степени опасностей, связанные с краткосрочным случайным выбросом летучих и воспламеняющихся веществ. Так как ALOHA ограничивается химическими веществами, которые переносятся по воздуху, она включает модели для оценки скорости, с которой химическое вещество высвобождается из емкости и испаряется. ПК предназначен для использования при прогнозировании масштабов зоны с подветренной стороны от кратковременного химической аварии, где люди могут подвергаться риску воздействия опасных концентраций токсичного газа. Он не предназначен для использования при авариях, связанных с радиоактивными химическими веществами. ALOHA позволяет вводить данные о реальных или потенциальных выбросах химических веществ, а затем создавать зоны поражения для различных видов опасностей; моделирует токсичные газовые облака, легковоспламеняющиеся газовые облака, BLEVEs (взрывы паров расширяющейся кипящей жидкости), факельное горение, пожар пролива и взрывы топливно-воздушной смеси.

ПК ALOHA представляет собой моделирование рассеяния, его можно использовать в качестве инструмента для прогнозирования движения и дисперсии газов. Он предсказывает

концентрацию загрязняющих веществ с подветренной стороны от источника разлива, принимая во внимание физические характеристики вещества; учитывает некоторые из физических характеристик места выброса, погодные условия и условия выброса. Как и многие компьютерные программы, ПК может решать проблемы быстро и представлять результаты в графическом, простом в использовании формате. Это может быть полезно во время ЧС или планировании действий при авариях.

ALOHA моделирует рассеяние облака загрязняющего газа в атмосфере и отображает диаграмму, которая показывает вид сверху область, в которой концентрация газа будет достигать опасных уровней. В ALOHA используются две отдельные модели рассеяния опасных веществ: гауссовская модель (Gaussian) и модель для тяжелого газа (Heavy Gas).

ПК ALOHA предназначен для прогнозирования опасностей, связанных с масштабными проливами, для которых характерны транспортные происшествия, аварии с резервуарами. Типичные зоны угроз находятся в диапазоне от 100 до 10000 метров, со временем экспозиции до одного часа.

Отметим, что ПК ALOHA может автоматически выбрать, следует ли прогнозировать дисперсию химического вещества в качестве гауссовой или модели тяжелого газа (он основывает этот выбор в основном по молекулярному весу, размеру выброса и температуре газового облака). ПК позволяет выбрать модель дисперсии. В частности, если химическое вещество с молекулярной массой меньше, чем у воздуха хранится при низкой температуре или под высоким давлением, то оно может вести себя как тяжелый газ (аммиак является примером такого химического вещества). При выборе одного из этих химических веществ, в зависимости от модели его выброса, ALOHA может не иметь достаточно информации о выбросе, чтобы определить, может ли быть сформирован тяжелый газ. В таком случае, ALOHA выполнит расчеты по гауссовской модели рассеяния, но выведет предупреждение по рекомендации запуска расчетов по модели тяжелого газа. В таком случае, нужно повторно запустить расчет ALOHA для вычисления модели тяжелого газа и произвести оценку двух зон.

Результаты ALOHA могут быть ненадежными при следующих условиях (впрочем как и других программ, включая ПК TOXI+Risk [6]): нестабильной скорости ветра; очень стабильных атмосферных условиях (при этом концентрация вещества остается высокой далеко от источника выброса).

ALOHA включает базу данных более 1000 химических веществ, позволяет определять зоны поражающих воздействий для азотной соляной, фтористоводородной кислот, аммиачной воды, олеума; газопроводов.

Несомненным преимуществом является возможность отображения зон поражения на картах в MARPLOT программы в семействе CAMEO; в Google Earth или Google Maps через функцию экспорта Esri's ArcMap, используя ALOHA ArcMap.

Пользовательский интерфейс позволяет минимизировать ошибки оператора. Навигация модели входных экранов разработана интуитивно понятной и быстрой. Ввод данных проверяется на согласованность и разумность. Результаты представляются в графическом виде. ALOHA быстро работает на малых компьютерах (ПК или Macintosh). ПК ALOHA имеет свободный доступ к загрузке программного обеспечения.

Рассмотрим примеры расчета зон поражения в ПК ALOHA для наиболее проблемных случаев, вызывающих затруднения их определения в ПК ТОКСИ+<sup>Risk</sup>.

### Пример 1. Взрыв топливно-воздушной смеси (ТВС) сжиженного природного газа (СПГ)

Предполагалось, что при аварии возникает облако ТВС и ее последующий взрыв. В табл. 1 указаны основные параметры, используемые для расчета взрыва ТВС СПГ в ПК ALOHA. В ПК ТОКСИ+<sup>Risk</sup> можно дать оценку зон поражения только при пожаре разлива)

Таблица 1

Основные параметры для расчета взрыва ТВС СПГ

Тип вещества	METHANE (по ПК ALOHA)
Химические данные	
Молекулярная масса	16.04 г/моль
Критерии PAC (Protective Action Criteria – критерии защитного действия), ppm (parts per million – частей на миллион)	PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm
Нижний/верхний концентрационные пределы воспламенения	50000 ppm/150000 ppm
Температура вещества	-161.5°C
Давление в оборудовании	1,1 атм
Атмосферные условия	
Скорость ветра	2 м/сек.
Направление ветра	ЮВ
Высота измерения скорости ветра	10 m
Температура воздуха	20°C
Класс устойчивости атмосферы	В
Влажность	50 %
Облачность	5 баллов

Данное химическое вещество может быть кипящей жидкостью и/или двухфазной смесью. Для оценки потенциального поведения проведем расчет для ALOHA GAUSSIAN и ALOHA HEAVY GAS и типа зажигания – детонация.

Тип зажигания – детонация, модель Heavy Gas. На рис. 1 показан взрыв ТВС СПГ при использовании модели тяжелого газа и типа зажигания – детонации. Данный сценарий взрыва ТВС СПГ является наиболее опасным: зона полного разрушения зданий достигает

732 м, зона серьезных разрушений – 787 м, зона полного разрушения остекления – 1.4 км. В случае аналогичного расчета по модели ALOHA GAUSSIAN различие в размерах зон поражения с моделью ALOHA HEAVY GAS 11–14 % – по полным и серьезным разрушениям, одинаковый размер зон полного разрушения остекления.

### Пример 2. Моделирование рассеяния ацетонитрила в атмосфере в ПК ALOHA

В химической библиотеке ПК ТОКСИ<sup>+Risk</sup> отсутствует вещество ацетонитрил и для расчета нужно завести это вещество в справочник веществ с указанием требуемых параметров. Часто ряд параметров для создаваемых веществ найти затруднительно. В ПК ALOHA справочник веществ состоит более, чем из 1000 веществ (в ПК ТОКСИ<sup>+Risk</sup> – на порядок меньше, но есть возможность создания нового вещества). Исходные данные для моделирования рассеяния в атмосфере ацетонитрила представлены в табл. 2.

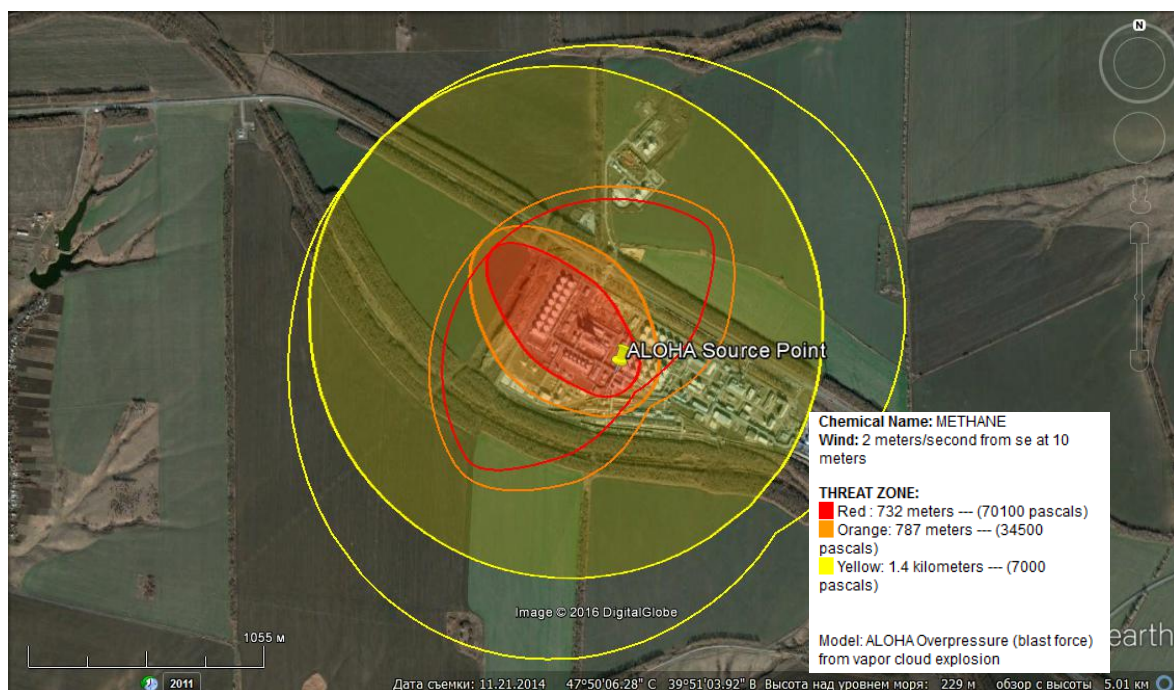


Рис. 1. Взрыв ТВС СПГ в ПК ALOHA

Таблица 2

#### Исходные данные для моделирования рассеяния ацетонитрила в атмосфере

Параметры расчета	Исходные данные
Температура окружающей среды	20°C
Модель	Выброс опасного вещества в атмосферу
Тип рельефа	Центры небольших городов
Класс устойчивости атмосферы	F
Скорость ветра	2 м/с
Направление ветра	ЮВ
Объем вещества	200 л
Время экспозиции	60 минут



На рис. 2 показан ситуационный план объекта с зоной химического поражения ацетонитрилом. Смертельная токсическая зона находится на расстоянии 230 м, тяжелые, необратимые повреждения могут получить люди на расстоянии 417 м, кратковременный эффект от воздействия ацетонитрила могут получить люди в зоне 882 м.

### Пример 3. Моделирование рассеяния в атмосфере бензола

Расчет проводился в ПК ALOHA, поскольку ПК TOXI+Risk не позволяет рассчитывать рассеяние бензола в таком количестве в атмосфере. Исходные данные для моделирования рассеяния в атмосфере бензола представлены в табл. 3.

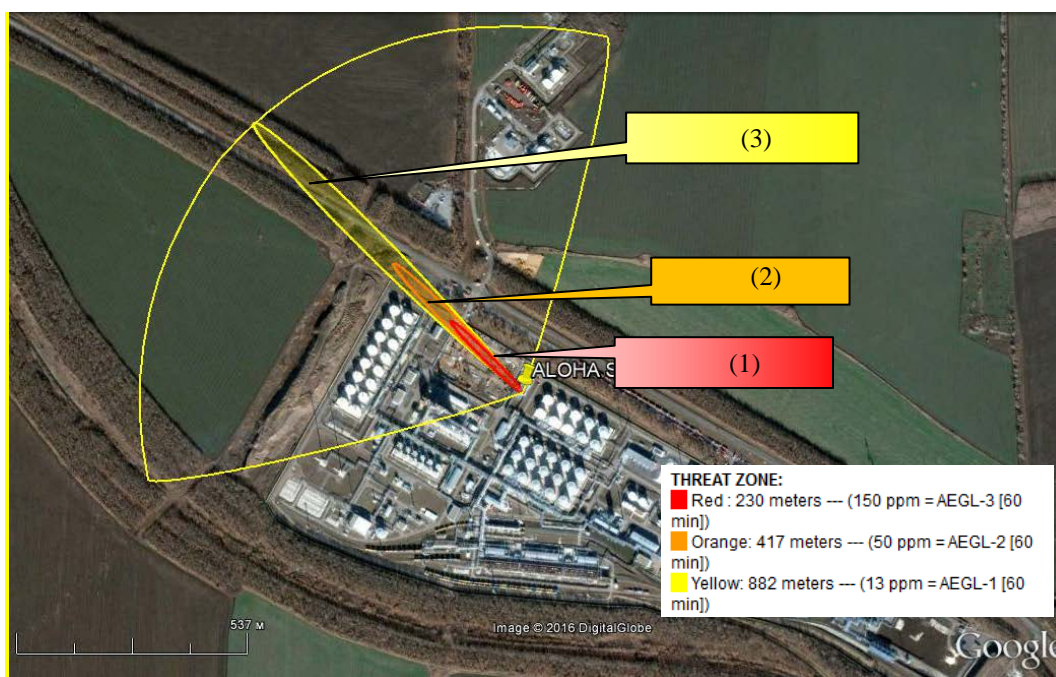


Рис. 2. Ситуационный план объекта с зоной химического поражения ацетонитрилом

Таблица 3

#### Исходные данные для моделирования рассеяния бензола в атмосфере

Параметры расчета	Исходные данные
Вещество	Бензол
Температура окружающей среды	20°C
Модель	Выброс опасного вещества в атмосферу
Тип рельефа	Центры небольших городов
Класс устойчивости атмосферы	F
Скорость ветра	2 м/с
Направление ветра	ЮВ
Объем вещества	3 м <sup>3</sup>
Время экспозиции	60 минут

На рис. 3 показан ситуационный план объекта с зоной химического поражения при выбросе бензола.

Зона смертельного поражения бензолом составляет 64 м, зона неблагоприятных последствий для здоровья людей составляет 157 м, зона раздражающих или бессимптомных эффектов – 729 м. При аварии с бензолом существенную роль играет направление ветра. Непредсказуемое изменение направления ветра подвергает риску людей, находящихся в зоне возможного токсического поражения.

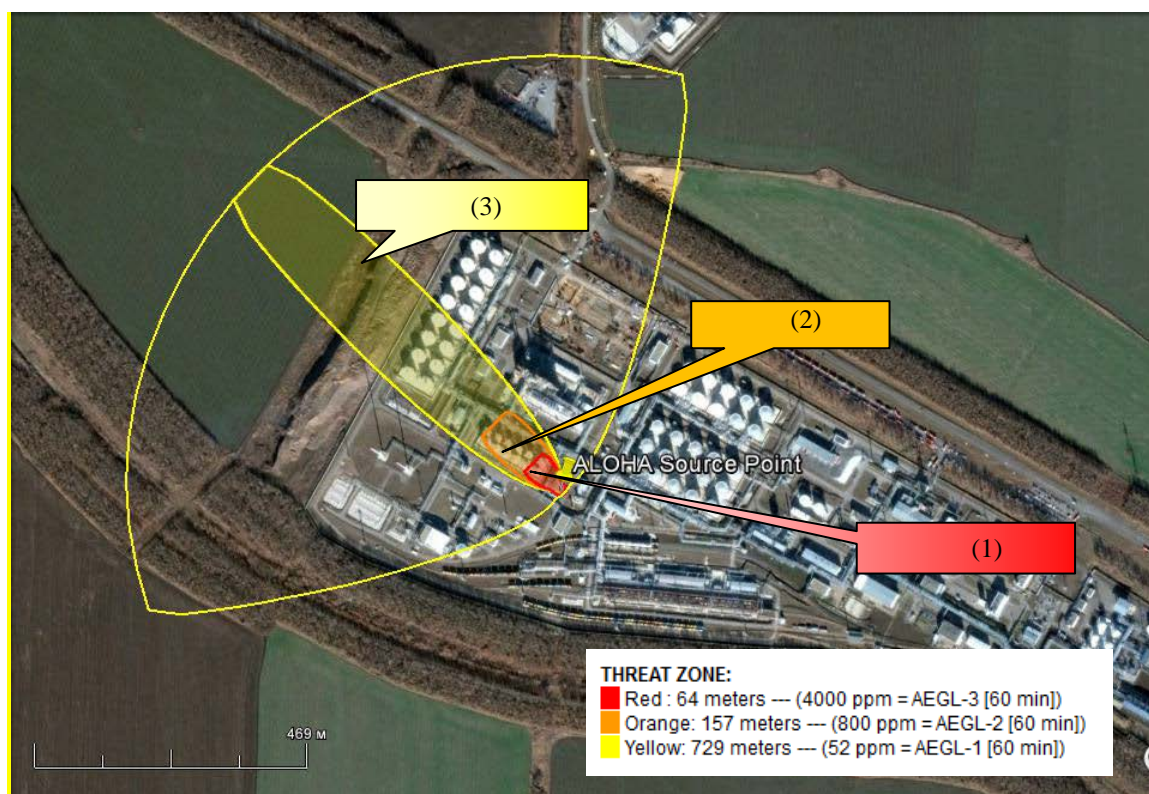


Рис. 3. Ситуационный план объекта с зоной химического поражения бензолом

### Выводы

Представлены возможности использования зарубежного программного обеспечения ALOHA 5.4.6 для оценки аварийного риска и прогнозирования ЧС.

Преимущества программного обеспечения ALOHA состоят в том, что имеется база более, чем 1000 химически опасных веществ, включая соединения, имеется удобный графический интерфейс, свободный доступ к загрузке программного обеспечения.

Программное обеспечение ALOHA может быть активно использовано в исследовательских, образовательных и прикладных целях для практического применения навыков прогнозирования и непосредственной оценки ЧС, оценки ущерба в результате ЧС на территориях муниципальных образований. Разработана и апробирована методика использования ПК ALOHA в базовом курсе магистратуры «Безопасность строительных критических структур и территорий» УрФУ.

**Библиографический список**

1. Guryev, E.S., Poluyan, L.V., Timashev, S.A. Construction of dynamic risk maps for large metropolitan areas. J. of Risk Analysis and Crisis Response, 2014, 4 (2), pp. 72-76.
2. Guryev E.S., Poluyan, L.V., Timashev S.A. Methodology of Constructing Dynamic Risk Maps for Large Metropolitan Areas. Proc. of the First Intern. Conf. on Vulnerability and Risk Analysis and Management (ICVRAM 2011) and the Fifth Intern. Symposium on Uncertainty Modeling and Analysis (ISUMA 2011), 2011, pp. 716-723.
3. ALOHASoftware. [Электр. ресурс] URL: <https://www.epa.gov/cameo/aloha-software>.
4. Steven Hanna, Seshu Dharmavaram, John Zhang, Ian Sykes, Henk Witlox, Shah Khajehnajafi, and Kay Koslan, Comparison of Six Widely-Used Dense Gas Dispersion Models for Three Recent Chlorine Railcar Accidents, Process Safety Progress, 2008, Vol.27, No. 3.
5. R. Bhattacharya, V. Ganesh Kumar. Consequence analysis for simulation of hazardous chemicals release using ALOHA software, Int. J. of ChemTech Research, 2015, Vol.8, No.4, pp. 2038-2046.
6. Программный комплекс ТОКСИ+Risk (ТОКСИ+) для оценки риска и расчета последствий аварий на производственных объектах. Руководство пользователя. ЗАО НТЦ ПБ, 2013. 266 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТЬЮ  
ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КАЧЕСТВЕННЫХ  
МЕТОДОВ ОЦЕНКИ РИСКА**

*Шарафисламова Л. Р.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

*Полуян Л. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, sec@wekt.ru  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Разработана экспертная система качественных методов оценки риска на опасном производственном объекте (ОПО). Ее внедрение позволит осуществлять управление промышленной безопасностью ОПО по техническому состоянию с учетом износа оборудования, выделения и ранжирования всего спектра опасностей. Переход к количественной оценке риска осуществляется с использованием метода анализа иерархий. Экспертная система может использоваться в любой отрасли промышленности на любом этапе жизненного цикла ОПО.

**Ключевые слова:** оценка безопасности, опасный производственный объект, управление риском, качественный анализ риска, идентификация опасностей, анализ опасностей, метод изучения опасностей функционирования, системный уровень надежности, человеческий фактор.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **EXPERT CONTROL SYSTEM OF INDUSTRIAL SAFETY OF POTENTIALLY HAZARDOUS OBJECTS USING QUALITATIVE METHODS OF RISK ASSESSMENT**

*Sharafislamova L. R.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

*Poluyan L. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, sec@wekt.ru  
Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The expert system of qualitative methods of risk assessment at hazardous production facilities (HPF) is developed. Its implementation will allow maintaining control of HPF industrial safety on technical condition considering equipment wear, with selection and ranging of the whole hazard spectrum. Transition to quantitative risk assessment is carried out using the hierarchy analyses method. The expert system can be used in any industry at any stage of HPF life cycle.

**Key words:** safety assessment, hazardous production facility, risk management, qualitative risk analysis, hazard identification (HAZID), hazard analysis, hazard and operability studies (HAZOP), safety integrity level (SIL), human factor.

Анализ эксплуатации потенциально опасных объектов (ПОО) [1–3] показывает, что достичь абсолютной безопасности деятельности на ПОО невозможно, но есть все предпосылки для минимизации уровня риска до приемлемых значений в социальном и экономическом плане.

Цель исследования – разработка концепции экспертной системы качественного риска-анализа ОПО. Внедрение такой системы будет результативным в случае активного участия специалистов ПОО в комплексной оценке риска не для отчетности, а для последовательного планирования и ранжирования мероприятий по предупреждению аварий.

Каждый руководитель ПОО знает слабые места, которые могут стать источником аварий. Система поможет обратить внимание лиц, принимающих решения и отвечающих за промышленную безопасность на объекте, на проведение количественной оценки риска наиболее уязвимых составляющих, выработать план мероприятий по предупреждению аварий. Обычно после количественной оценки риска разрабатываются мероприятия, направленные на снижение риска до приемлемого уровня.

Надо внедрять качественную составляющую по оценке риска она поможет обратить внимание на количественную оценку риска наиболее опасных составляющих объекта, более досконально проверить возможность аварий, организовать усиленный мониторинг.

В настоящее время нормативно-техническая база по промышленной безопасности Ростехнадзора претерпела значительные изменения. В Руководствах по безопасности для ОПО всех отраслей промышленности подчеркивается необходимость комплексного подхода к риск-менеджменту [4].

Методы анализа риска подразделяются на качественные, при которых результаты представляются в виде текстовых описаний, таблиц, диаграмм, экспертных оценок и количественные, определяющие показатели риска [5].

При оценке риска качественные и количественные методы требуют равного пристального внимания. Комплексное оценивание техногенных рисков с учетом их качественных и количественных характеристик реализуется при использовании системного подхода к анализу рисков.

Аналитический обзор исследований в области анализа риска показал, что, как правило, при разработке деклараций и обоснований промышленной безопасности, паспортов безопасности качественный анализ не проводится. В лучшем случае дается обзор аварий по отрасли за последние 5 лет.

В настоящем исследовании рассматривается внедрение качественных методов оценки риска как ключевой составляющей в составе комплексного подхода к анализу техногенного риска.

В нормативном документе ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 "Менеджмент риска. Методы оценки риска" [6] содержится перечень и краткое описание основных методов оценки риска, используемых в процессе управления риском.

Из перечня методов, представленных в [6], цепочка зарубежных способов HAZID (Hazard Identification) - HAZOP (Hazard and Operability studies) – SIL (Safety Integrity Level) является важным звеном в проведении качественного анализа риска потенциально опасных объектов.

Один из методов, сопутствующий качественной оценке рисков и работоспособности систем (HAZOP), является исследование HAZID [11]. Исследование HAZID (Hazard Identification) – это метод идентификации опасностей на уровне раннего выявления опасностей и угроз, применяемый на стадии проектирования объекта.

Раннее выявление опасностей и оценка риска дают возможность внесения изменения конструктивных и иных решений на начальной стадии создания объекта. Исследование HAZID осуществляется опытной командой экспертов с использованием мозгового штурма на основе перечня возможных опасностей.

Основные цели процедуры идентификации опасностей HAZID:

- определить список опасностей для последующей оценки с использованием других методов оценки риска;
- выполнить качественную оценку опасности и мер по снижению рисков;
- разработать рекомендации по снижению вероятности появления опасности или смягчению возможных последствий.

Основные этапы проведения процедуры HAZID:

- идентификация опасностей;
- оценка риска;
- рекомендации по разработке мер безопасности.

В табл. 1 приведены основные составляющие экспертной системы качественного риск-анализа.

На базе фактов, собранных путем исследования HAZID, могут быть идентифицированы все сценарии опасности. Обычно опасные сценарии представляют высвобождение опасного вещества, пожар, взрыв, рассеивание вредных веществ, развитие domino-аварий.

Важно отметить, что результаты исследования HAZID на начальной стадии проектирования в последующем, как правило, должны быть пересмотрены, если вводятся значительные модификации и модернизация проекта, или этого требуют случившиеся аварии и несчастные случаи. Экспертная система должна вносить в базу данных выявленные

возможные отклонения на протяжении всего жизненного цикла объекта. Анализ HAZID повторяется каждые 5 лет для поддержки риска на допустимой величине.

Таблица 1

## Составляющие элементы экспертной системы

Метод качественного исследования	Составляющие экспертной системы качественного риск-анализа
HAZID	Распознавание рисков на ранней стадии проектирования (на стадии создания чертежей, разработки схемы участка и др.). Идентификация опасностей и угроз. Составление перечня опасностей. Планирование работы системы в аварийной ситуации.
HAZOP	Выделение частей и элементов исследуемой технологической системы. Анализ отклонений параметров технологической системы от допустимых значений. Использование управляющих слов «НЕТ», «БОЛЬШЕ», «МЕНЬШЕ», «ОБРАТНО» и других при проведении процедуры анализа. Создание рабочей группы экспертов. Разработка мероприятия по предупреждению аварий.
SIL	Определение способности системы надежно функционировать. Снижение уровня риска путем внедрения функций обеспечения безопасного управления процессом. Определение полноты безопасности.
Метод Дельфи	Независимость мнений отдельных экспертов. Получение коллективной экспертной оценки.
Метод «мозгового штурма»	Идентификация всех возможных видов отказов и опасностей. Генерация новых идей на основе существующих утверждений.
Синектический метод	Применение творческого подхода к решению проблемы. Использование постоянной группы экспертов.
Метод ПАТТЕРН	Разделение проблем на подпроблемы. Структуризация исходных данных по степени важности.
Метод аналогий	Перенимание опыта схожих объектов для решения существующих проблем.

Идентификация опасностей HAZID позволяет перейти к исследованию опасности и работоспособности HAZOP, где определяется способность системы надежно функционировать. Каждой системе присваивается свой уровень надежности. Этап определения этого уровня осуществляется с помощью метода SIL [6].

SIL отражает надежность системы с точки зрения вероятности отказа при запросе PFD (Probability of Failure on Demand). Рабочая группа HAZOP должна определить уровень SIL, основываясь на оценке вероятности отказа при запросе PFD. SIL 1 – самый низкий уровень безопасности. SIL 4 – самый высокий уровень. Чем выше уровень безопасности, тем ниже допустимая вероятность несрабатывания предохранительной функции по запросу.

Экспертная система качественного риск-анализа сопровождается группой специалистов предприятия, владеющих организацией производственного и технологического процесса. Эксперты должны находиться в состоянии постоянного взаимодействия между собой, поддерживать контакт с представителями каждого

структурного подразделения ОПО. Постоянный контакт экспертов и обмен текущей актуальной информацией укрепляет коммуникации между подразделениями ОПО, способствует созданию уникальной базы знаний по рискам для конкретного ОПО. На качественном уровне экспертной системой создается надежная базовая платформа для проведения количественных расчетов.

Экспертному оцениванию на качественном уровне подлежит учет влияния на промышленную безопасность всего множества случайных факторов, в том числе человеческого. Воздействие последнего сложно оценить количественно, но благодаря качественному анализу воздействие этого фактора включается в общую оценку риска.

Количественные показатели риска вычисляются с применением различных специализированных программных комплексов, например, [7].

При выполнении количественного анализа оператору не важны причины возникновения источников чрезвычайной ситуации (ЧС), так как они не являются исходными данными для выполнения расчетов в программном комплексе. Экспертное прогнозирование в условиях работы предлагаемой экспертной системы позволяет выполнить глубокий анализ причин возникновения источника ЧС. Результаты подобного анализа важны для комплексной оценки риска в целом на этапе управления риском. На рис. 1 представлена модель работы экспертной системы управления безопасностью с использованием качественных методов.



Рис. 1. Модель работы экспертной системы на качественном уровне

Как видно из рис. 1, с помощью экспертной системы на качественном уровне происходит постоянная взаимосвязь с блока анализа риска к блоку управления риском.

Системный подход к анализу риска позволяет не отделять процессы оценки риска на качественном и количественном уровнях. Благодаря этому на выходе получается комплексный список мер по управлению риском, учитывающий те события и факторы, которые не предусмотрены в численных расчетах. На этапе управления риском экспертная система позволяет учитывать влияние таких факторов, как соседние предприятия, требования нормативов и т.д.

«Мостиком перехода» от качественного анализа к количественному расчету риска является процедура, выполненная на основе метода анализа иерархий. Метод анализа иерархий [8] представляет собой математический аппарат системного подхода к сложным проблемам и выступает инструментом поддержки принятия решений. Данный метод очень эффективен и доступен для понимания. Использование метода анализа иерархий экспертной системой при анализе риска на ОПО позволяет выполнить декомпозицию слабоструктурной задачи, выявить отношения между подсистемами иерархии, провести ее синтез. С помощью математических операций эксперт вычисляет коэффициенты важности для каждого критерия. Дальнейшую математическую обработку данных можно выполнить на простейших расчетных платформах, либо в режиме онлайн доступа к специальному калькулятору [9].

Так, с помощью метода анализа иерархий выявляются важные причины аварийности на объектах промышленной деятельности, и в дальнейшем выявленные причины подвергаются более пристальному вниманию в процессе управления риском.

Для комплексного анализа риска в промышленности этот метод важен тем, что наряду с математическими вычислениями учитывает социальные аспекты исследования.

Таким образом, двухуровневый (двухэтапный) – качественный и количественный – подход к оценке риска позволяет максимально полно и точно определить возможные опасности и угрозы производственной деятельности.

Модификация блока качественного анализа риска путем внедрения экспертной системы на ОПО позволяет обеспечить надлежащий уровень его безопасности.

Для сравнения отметим, что в [10] предлагается программа "Toxi+HAZOP", предназначенная для автоматизации проведения анализа опасностей и работоспособности (AOP) - HAZOP (Hazard and operability analysis) в соответствии с ФНП «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств» (утв. приказом Ростехнадзора №96 от 11.03.2013), РД 03-418-01, ГОСТ Р 51901.11-2005 (МЭК 61882:2001).

Возможности программного средства "Toxi+HAZOP" позволяют вести учет всех действий в ходе процедуры «мозгового штурма» группой специалистов, а именно:

– учет использования ключевых управляющих слов («меньше», «иначе» и т.п.);

- учет выявленных отклонений технологических параметров (давление, температура и т.п.) от регламентных значений;
- выявление причин возникновения отклонений, их последствий;
- разработка мер защиты и рекомендаций в случае их недостаточности.

Автоматизация процедуры АОР позволяет существенно упростить работу, снизить воздействие эмоциональной составляющей среди группы экспертов, безошибочно зафиксировать результаты многочасовых обсуждений, а также сформировать четкие и подробные отчеты. Но главным «действующим лицом» в принятии решений по обеспечению безопасности будет и остается человек (оператор/эксперт).

Экспертная система управления безопасностью на ПОО с использованием качественных методов оценки риска включает в себя применение комплекса методов качественного оценивания рисков, а также «переходный» полуколичественный метод анализа иерархий, возможности которых шире целей, определяемых программой "Toxi+HAZOP".

### **Выводы**

Создание экспертной системы качественного риск-анализа управления промышленной безопасностью выведет ПОО на новый уровень оценки и регулирования состояния защищенности по комплексному показателю риска на всех этапах жизненного цикла объекта. Экспертная система на предприятии создается на базе отдела охраны труда и промышленной безопасности. Она является основой корпоративного управления техногенными рисками и важным инструментом руководителя ПОО по предупреждению аварийных ситуаций.

### **Библиографический список:**

1. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2016 году. М.: МЧС России, 2016.
2. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2015 году. М.: МЧС России, 2015.
3. Государственный доклад о состоянии защиты населения и территорий Российской Федерации от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в 2014 году. М.: МЧС России, 2014.
4. Лисанов М.В. Детская болезнь «левизны» в риск-менеджменте, или об альтернативных подходах к обеспечению промышленной безопасности. // Материалы для научного семинара «Модернизация требований промышленной безопасности. Риск-ориентированный подход», ЗАО НТЦ ПБ, 2012.
5. Шавалеев Д.А., Абдрахманов Н.Х. Управление промышленной безопасностью объектов топливно-энергетического комплекса на основе анализа и мониторинга рисков // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». 2012. №6 С.435-441.
6. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011. Менеджмент риска. Методы оценки риска. М.: Стандартинформ, 2012.
7. Электронный ресурс: // URL: <http://toxi.ru> (дата обращения - 12.02.2017).

8. Кириллов М.С. Применение метода анализа иерархий при выборе комплектации автомобиля. //Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. Выпуск, 2016. №1. С. 114-120.
9. Электронный ресурс: // URL: <http://axd.semestr.ru/upr/hierarchies.php> (дата обращения - 15.03.2017).
10. Электронный ресурс: // URL: [https://www.safety.ru/ps\\_hazop](https://www.safety.ru/ps_hazop) (дата обращения - 20.03.2017).
11. ГОСТ Р 51901.1-2002 (МЭК 60300-3-9:1995) Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем. Прикладное руководство. Москва, Стандартинформ, 2003.



**КОНКУРЕНТОСПОСОБНЫЕ  
СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И МАТЕРИАЛЫ  
ИННОВАЦИОННОГО ТИПА**

**COMPETITIVE INNOVATIVE  
CONSTRUCTION TECHNOLOGIES AND  
MATERIALS**

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПОВЫШЕНИЕ ОГНЕСТОЙКОСТИ  
МОНОЛИТНОЙ КОНСТРУКЦИИ, ПУТЕМ  
НАНЕСЕНИЯ  
ПЕНОПОЛИУРЕТАНОВОГО  
РАСПЫЛЯЕМОГО ПОКРЫТИЯ**

*Волошин Д. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, den.volosh@mail.ru

*Ямов В. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, stroypolytech@gmail.com

**Аннотация.** Монолитное строительство – наиболее перспективный эффективный метод возведения зданий. Оно отвечает всем современным строительным нормам и правилам, имеет длительный эксплуатационный срок. С помощью применения различных видов опалубок, строительные бригады могут создать любую задумку архитекторов, будь то высотное здание или монолитный купол. В Российской Федерации большую долю монолитного строительства составляют гражданские здания. Несмотря на универсальность монолитного строительства, а так же стремительную скорость возведения сооружений, здания из бетона подвержены разрушительному действию огня. Необходимо создание инновационных методов и способов улучшения огнестойких характеристик бетона. Такие методы не должны влиять на структурный состав бетона и его прочностные свойства. Наиболее перспективным решением может стать покрытие бетонных конструкций распыляемыми покрытиями. Такие покрытия уменьшат степень разрушения строительных конструкций при пожаре и стоимость восстановительных работ.

**Ключевые слова:** бетонная смесь, огнестойкость, пенополиуретан.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **INCREASE OF FIRE RESISTANCE OF THE MONOLITHIC CONSTRUCTION, BY OF POLYURETHANE COATING SPRAYS**

*Voloshin D. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia , den.volosh@mail.ru

*Yamov V. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, stroypolytech@gmail.com

**Abstract.** Monolithic constructing is the most perspective and effective method of building. It satisfies all modern building norms and rules and it has a long exploitation term. With the help of using different types of the formwork building brigades can create any architects' ideas from the skyscrapers to the monolithic domes. In Russian Federation the biggest part of monolithic constructions is formed by civil buildings. In spite of the monolithic building latitude and a quite rapid creating of such buildings, these concrete constructions can be destroyed by the fire. It is necessary to create Innovative methods of improving fire resistance characteristics of the concrete. Such methods mustn't influence the concrete structure and its strength qualities. So the most perspective decision can be the usage of different coating sprays. Such coatings will reduce the degree of building destruction during the fires and the cost of the reconstruction work.

**Key words:** concrete mixture, fire-resistance, polyurethane.

## **Введение**

Пожар, как стихия представляет, собой процесс горения, который несет материальный ущерб, опасность здоровью и жизни людей. За последние десятилетия установлена четкая тенденция по снижению количества пожаров на территории РФ. Тем не менее, полностью исключить причины возгорания не возможно. Строительство из монолитного железобетона в настоящее время наиболее популярно. Бетон как любой другой камень лучше воспринимает сжимающие усилия, арматура в свою очередь нужна для того чтобы монолитная конструкция могла сопротивляться растяжению. Тем не менее, бетон подвержен разрушению при воздействии на него высоких температур. Арматурный каркас строительных конструкций в отличие от бетона деформируется при относительно низких температурах горения. При таких изменениях, железобетонные конструкции теряют свои прочностные характеристики. Следовательно, необходимо проводить мероприятия по увеличению огнестойкости конструкций до момента возможного пожара, а также мероприятия по усилению и восстановлению конструкций, если они были подвержены воздействию огня.

При усилении огнестойкости конструкций, следует использовать современные методы и способы, которые экономически целесообразны, а их технические свойства, не ниже свойств традиционных видов усиления [1].

## **Основная часть**

Одним из основных направлений при производстве технической экспертизы и обследования зданий после пожаров является исследования влияния высоких температур на бетонные конструкции. Свойства, которые влияют на поведения бетонной конструкции при пожаре, можно отнести: силовые, влажностные и температурные. Разрушение бетона в условиях высоких температур происходит из-за процесса постепенной дегидратации. До температуры влияния  $700^{\circ}\text{C}$  процесс разрушения бетона происходит внутри конструкции, состояние поверхности не сильно отличается от поверхности конструкции не подверженной огню.

От  $700^{\circ}\text{C}$  до  $900^{\circ}\text{C}$  нагрева происходит второй этап дегидратации бетона. На этом этапе на поверхности появляются неглубокие температурно-усадочные швы [2].

На третьем этапе при температуре нагрева от  $900^{\circ}\text{C}$  появляются визуально заметны дефекты конструкции: сквозные трещины, потери устойчивости и снижения прочности конструкций. На данном этапе процесс дегидратации завершается [3].

Разрушение бетонных конструкций, как правило, происходит не из за высокой температуры которую выдерживает бетон и арматура, а их резкое остужение при тушении

пожара. При поливании водой на сильно разогретый бетон, происходит нарушение защитного слоя бетона, оголения арматуры и ее деформация. [4].

Несмотря на то, что бетон является огнестойким материалом, кратковременное воздействие огня не оказывает разрушающего воздействия, но при долговременном влиянии огня дальнейшая эксплуатация строительной конструкции без необходимого комплекса обследования и усилений невозможна. Это несет опасность жизни, а так же экономический убыток.

Для повышения различных характеристик бетонной смеси разрабатываются и применяются различные добавки. Существуют добавки для ускорения и замедления бетона, морозостойкие добавки, различные виды пластификаторов. В последние годы были разработаны патенты на добавки для защиты от радиации на основе барита, руды и металлов. К сожалению, наименее развита сфера применения добавок для повышения огнестойкости бетонных конструкций.

Существуют бетонные смеси с добавками из андезита, шлака, кирпичного щебня, шамота, базальта. Они значительно повышают жаростойкость бетона – его способность выдерживать высокие температуры в течении длительного времени. Недостатками таких добавок является крупный размер гранул, что может привести к изменению процентного соотношения составляющих бетонной смеси и в будущем к снижению прочности строительной конструкции.

Бетонные добавки на основе мелких фракций алюминия и кремния не имеют таких недостатков. Они позволяют связать гашеную известь, которая образуется при гидратации цементного камня. Это приводит к значительному повышению огнестойкости и жаростойкости бетона. Так же данные добавки повышают прочность бетонной конструкции.

Одной из основных проблем огнестойкости бетонных конструкций является быстро сгораемые утеплители. Как правило, это полимерные материалы: пенопласт, пенополистирол и т.д. Все полимерные материалы обладают свойством мгновенного возгорания. Из этого следует, что при использовании данного вида утеплителя в условиях воздействия пожара, бетон будет находиться в непосредственной близости от открытого пламени.

Пенополиуретан (ППУ) — современный теплоизоляционный материал, во многом превосходящий большинство используемых сегодня утеплителей. Это, несомненно, обусловлено способом нанесения данного состава на поверхность конструкции. Напыление позволяет создать слой утеплителя любой толщины и сложной формы. При использовании такого метода, отсутствует длительное ожидание отверждения компонентов смеси и завершения пенообразования. Кроме того, мобильные распылительные установки можно

использовать непосредственно на месте нанесения покрытия. Такой вид утеплителя обладает высокими механическими, звуко- и теплоизолирующими свойствами [2].



Рис. 1. Нанесения ППУ распылительной установкой

Проанализируем данный материал, с точки зрения огнестойкости конструкций. Рассмотрим наиболее известную систему пенополиуретана Baufotox, которая состоит из двух основных компонентов полиол и изоцианат. В отличие от других видов утеплителя, пенополиуретан не горит при воздействии открытого пламени, вспучивается и образует карбонизированный наружный слой, который служит защитой железобетонной конструкции от воздействия открытого огня.

Это явление называется эффектом интумесценции. Добавки, использующие для данного процесса, принято считать экологически-безопасными антипиренами из-за отсутствия выделения опасных ядовитых токсинов в окружающую среду. Как было отмечено ранее, состав этих добавок включает в себя два компонента: полиол и изоцианат. Преимуществом данного состава является способность изменять уровень деформативности готового материала, который может быть эластичным и вязким, а так же затвердеть и быть жестче. Стандартный состав композиции Baufotox представлен в табл. 1.

Остановимся, прежде всего, на огнестойкости бетонной конструкции с таким составом. Он обеспечивает огнестойкость периодом до 1 часа, после воздействия на него открытого пламени температурой около 1000°C. Огнестойкость зависит от толщины напыляемого слоя или толщины используемой плиты ППУ. Как хорошо известно, при температуре 1000°C бетон любого состава начнет разрушаться. Даже если в бетонной смеси

использовать добавки на основе бора и тем самым повысить огнестойкость конструкции, арматура под воздействием такой температуры будет деформироваться.

Таблица 1

Стандартный состав композиции Bayfomox

Компонент	Назначение	Содержание, масс.ч.
Bayfomox PA	Полиольный компонент, который состоит из дисперсных твердых, тонкоизмельченных частиц антиперенов	100
Bayfomox P	Полиметилendiизоцианат. От его содержания зависят упругодеформационные свойства формованных деталей или напыленных покрытий.	40–60
Вода	Пенообразователь. При взаимодействии воды с изоцианатом образуется углекислый газ, который вспенивает напыленную композицию.	0–0,6
Цеолиты	Осушитель	0–2
Myritol	Регулятор ячеистости	0,1–0,6
ДМЦГ (диметилциклогексил амин).	Катализатор, ускоряющий реакцию между изоцианатным и полиольным компонентами	0–2

Логика рассуждений приводит к тому, что при использовании утеплителя на основе состава Bayfomox можно снизить затраты на восстановительные работы конструкций после пожара. Ясно, что для этого необходимо изучить звуко- и теплоизоляционные свойства данного состава.

Пенополиуретан являясь полимерным материалом эффективно поглощает воздушные звуковые волны (рис. 2). Компания Lanxess провела исследования на звукопоглощение и как показывают результаты экспериментов, внесение состава из полиол и изоцианата увеличили звукопоглощение плит из традиционного ППУ [2].

Далее, обратимся к теплоизоляционным свойствам ППУ с добавлением состава. Для этого сделаем сравнительный анализ полученного материала с другими материалами.

Как показано на рис. 3, состав ППУ обладает малой теплопроводностью, что согласно современным тенденциям «играет» важную роль с точки зрения экономики энергии.

Так же материал не повреждается при постоянном на него воздействии влаги и испарений.



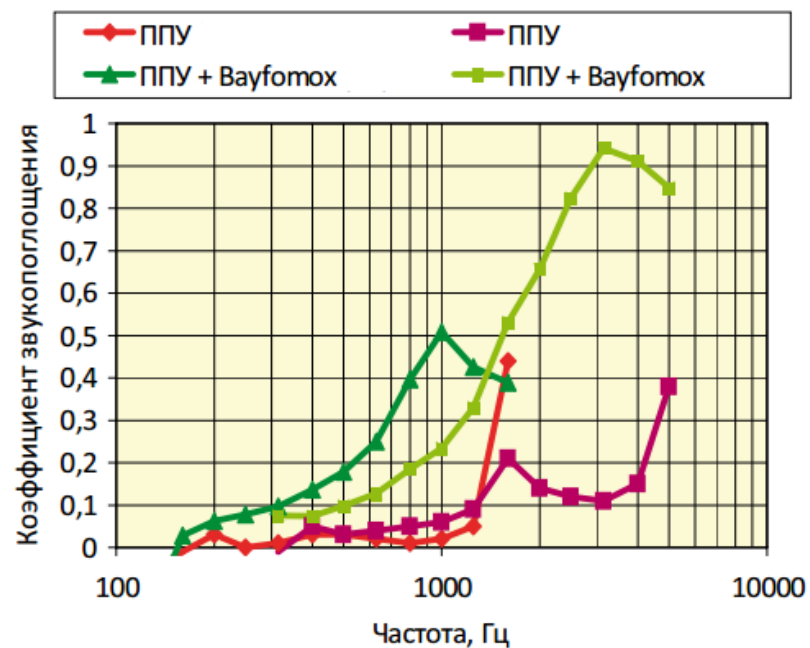


Рис. 2. Коэффициент звукопоглощения традиционного изолирующего ППУ (толщина образца 60 мм) с покрытием (5 мм) и без покрытия Bayfomox в зависимости от частоты звука

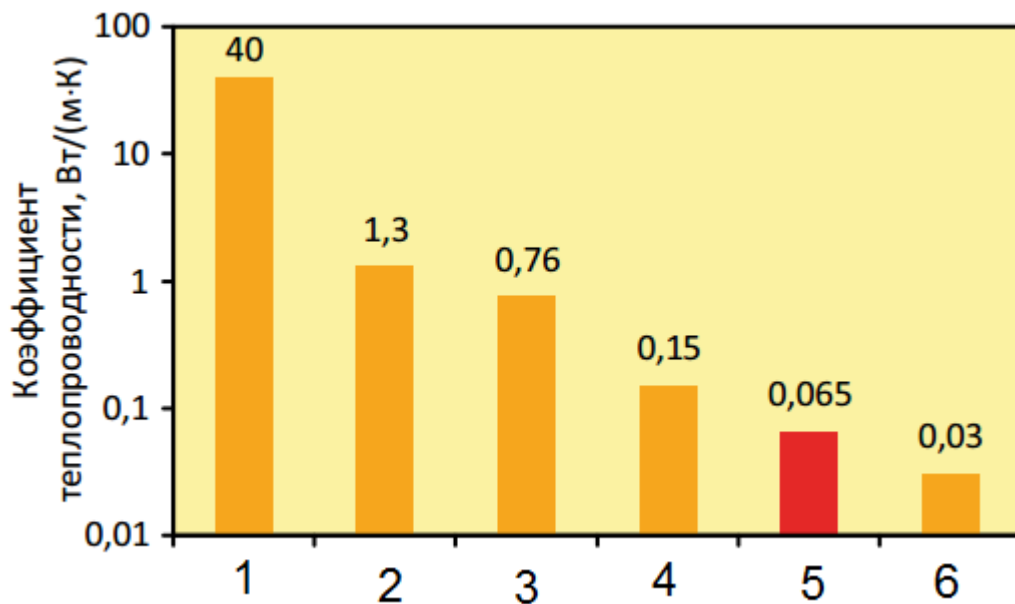


Рис. 3. Коэффициент теплопроводности для разных материалов: 1 – сталь, 2 – бетон, 3 – стекло, 4 – древесина, 5 – ППУ Bayfomox, 6 – изоляционный пеноматериал.



### Заключение

Таким образом, можно с достаточной точностью сделать вывод, что пенополиуретан по техническим характеристикам опережает другие виды утепления. Что, касается наиболее важного свойства огнестойкости, то добавление состава полиола и изоцианата в традиционный ППУ обеспечивает длительную противопожарную защиту. Карбонизированный поверхностный слой который образуется при пожаре не дает огню воздействовать на бетон и арматуру. Благодаря этому железобетонная конструкция не теряет такие свойства как несущая способность и прочность.

Несомненно, добавление состава несет удорожание утепления, но затем при пожаре снижает затраты на восстановительные работы и усиление строительных конструкций. Как было отмечено ранее, вспучивающийся слой ППУ выдерживает воздействие огня и высоких температур длительностью до 60 минут. Несомненно, вероятность тушения очага пожара за дополнительное время значительно увеличивается.

Выбор метода утепления так же помогает снизить затраты на выполнение данного процесса. Мобильность распылительных установок обеспечивает простоту нанесения огнезащитного покрытия на поверхность. Композиция ППУ наносится на стену, а быстрая реакционная способность позволяет в короткие сроки создать слой низкой плотности и толщиной несколько сантиметров [7].

Преимущества теплоизоляции посредством напыляемого пенополиуретана (ППУ) неоспоримы. Это и высокие звуко- и теплоизоляционные свойства, и долговечность покрытия, и легкость в нанесении, и наиболее необходимые для обеспечения безопасности высокие огнестойкие характеристики.

### Библиографический список

1. Дашко Л.В., Синюк В.Д. Экспертное исследование цементного камня, подвергавшегося высокотемпературному нагреву / Л.В. Дашко, В.Д. Синюк // Вестник ВСИ МВД РФ. -2013.- № 2.- С.23-25
2. Мауэрер О. Огнестойкий полиуретан / О. Мауэрер // Полимерные материалы.-2012.- №4.-С.22-28
3. Гроздов В.Т. Техническое обследование строительных конструкций зданий и сооружений. /В.Т. Гроздов.- СПб: Издательский дом KN+,2004.-140 с
4. Зайцев А.А. Легкий бетон // Патент России № 2 502 709.2011. Бюл. №15.
5. Скоробогатов С.М. Катастрофы и живучесть железобетонных конструкций./С.М. Скоробогатов.- Екатеринбург: Федеральное агентство ж.-д. транспорта,2009.-511 с
6. David N. Bilow, P.E, Effect of Fire on Building Materials/ N.David,P.E.Bilow/ Engineered Structures, Portland Cement Association 5420 Old Orchard Road, Skokie,-2008
7. Ненахов С. А. ,Пименова. В.П Обзор трудов 3-й берлинской конференции./ С.А. Ненахов, В.П.Пименова // Лакокрасочная промышленность.-2009.- №7.-С.36-41

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**РЕКОНСТРУКЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ И  
ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ И  
СООРУЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ  
ТЕХНОЛОГИЙ ЛАЗЕРНОГО  
СКАНИРОВАНИЯ И  
ИНФОРМАЦИОННОГО  
МОДЕЛИРОВАНИЯ (ВІМ)**

*Галиева А. Б.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, a.b.galieva@gmail.com

*Лешуков В. Д.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Алехин В. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, referetsf@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрена актуальная тема обследования, создания обмерных чертежей и 3D-модели здания при отсутствии технической документации на объект реконструкции. Для реализации поставленной задачи предлагается подход, основанный на использовании технологий лазерного сканирования и информационного моделирования объектов. Рассмотрено лазерное сканирование фасадов жилых зданий, объектов культурного наследия, промышленных предприятий. Предлагаемый подход позволяет повысить технику безопасности при проведении работ по обследованию строительных конструкций, выполнить чертежи проектной

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

документации с максимальной степенью детализации, а также на основе созданной трехмерной модели объекта в последующем произвести статический расчет конструкций здания. В статье также рассмотрен зарубежный опыт использования технологии лазерного сканирования и информационного моделирования при реконструкции объекта

**Ключевые слова:** лазерное сканирование, реконструкция, энергоэффективность, информационное моделирование зданий

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**RECONSTRUCTION OF CIVIL AND  
INDUSTRIAL BUILDINGS AND STRUCTURES  
ON THE BASIS OF LASER SCANNING  
TECHNOLOGY AND INFORMATION  
MODELING APPROACH (BIM)**

*Galieva A. B.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, a.b.galieva@gmail.com

*Leshukov V. D.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Alekhin V. N.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, referetsf@yandex.ru

**Abstract.** This paper presents the issues of the inspection, creation of drawings and 3D model of the building in the absence thereof a technical documentation for the object of reconstruction. An approach based on the use of laser scanning technologies and information modeling of objects is proposed. The laser scanning of facades of residential buildings, objects of cultural heritage, industrial enterprises is considered. The proposed approach makes it possible to improve safety during the work on the inspection of building structures, to execute a construction project drawings and specifications with the maximum degree of detail. On the basis of the created three-dimensional model of the object it is possible to subsequently make a static calculation of the building's structures. The article also examines the foreign experience of using laser scanning technology and building information modelling (BIM) for building conversion.

**Key words:** Laser scanning, reconstruction, recovery, energy efficiency, Building Information Modelling (BIM).

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Реконструкция объектов промышленного и гражданского назначения в последние годы приобретает все более масштабный характер. При реконструкции памятников архитектуры перед проектными организациями стоит задача сохранения исторического внешнего вида объекта при замене или усилении конструктивных элементов. Для промышленных объектов важно не только определить основные геометрические характеристики несущих конструкций, но и получить информацию о наличии кренов, прогибов, дефектов и повреждений, особенностях узлов сопряжения элементов, а также выявить фактическое расположение трубопроводов, коммуникаций для инвентаризации, модернизации, технического перевооружения. При реконструкции жилого фонда возникает задача выполнения точных обмерных работ для последующей разработки проектных решений по восстановлению эксплуатационной надежности, повышению энергоэффективности, определению стоимости восстановительных работ.

При подготовке рабочей документации по реконструкции или перевооружению объекта проектировщикам необходимы точные обмерочные чертежи, исполнительная документация, которые зачастую либо просто отсутствуют, либо не совпадают с действительностью. Технология лазерного сканирования дает возможность при минимальных временных затратах получить трехмерную модель объекта с достаточной для последующей обработки степенью детализации.

Новейшие лазерные сканеры позволяют производить до 1 200 000 измерений в секунду. Результатом сканирования является облако точек с трехмерными координатами  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ . Современные программные комплексы дают возможность не только обрабатывать трехмерные облака точек, но и производить их сравнение с трехмерной моделью объекта для выявления деформаций.

За этапом натурных работ по сканированию объекта следует этап камеральных работ, на котором при помощи специализированного программного обеспечения производится обработка данных и создается информационная модель здания или сооружения (BIM). BIM и ГИС являются ключевыми источниками данных для моделирования и анализа энергетической эффективности зданий при разработке решений по оптимизации энергопотребления. BIM – модели являются не просто графическими объектами, – это информация, позволяющая автоматически формировать чертежи, производить анализ проекта, и даже управлять инженерными системами объекта.

Трехмерное лазерное сканирование для определения точных геометрических параметров элементов фасадов зданий и сооружений широко используется как в России, так и за рубежом. Однако о реализованных проектах реконструкции жилого фонда на основе лазерного сканирования известно немного.

Интересным примером реализованного решения по реновации жилого объекта является проект «Иннова» в Пельтосаари (Peltosaari), районе г. Риихимяки (Riihimäki), Финляндия [1], инициированный компанией PAROC («Парок»). В Финляндии внедрение данной технологии осуществлялось в рамках исследовательского проекта «TES – Energy Facade» («Система деревянных элементов – Энергосберегающий фасад»). Работы по проекту проводились в 2008-2009 годах финским университетом «Аалто» (Aalto) и Норвежским университетом естественных и технических наук (NTNU). В рамках проекта было произведено переоборудование четырехэтажного здания, построенного в 1975 г., с использованием инновационных методов и решений, разработанных для удовлетворения требованиям по обустройству «пассивного» дома, установленным в Финляндии. Существующие фасады здания представляли собой типичные для 1970-х годов сборные конструкции из бетонных многослойных панелей типа «сэндвич».

Для точного определения геометрических характеристик объекта было произведено лазерное сканирование и создана трехмерная модель. Старые бетонные панели и теплоизоляционные материалы заменены на фасадные элементы на деревянной каркасной конструкции. В состав работ по реконструкции объекта также вошли: установка новой вентиляционной системы, реконструкция балконов, установка новых окон и дверей.

Благодаря применению технологии лазерного сканирования решена задача реконструкции объекта с максимальным сохранением внешнего вида здания.

Реализованные решения по реконструкции здания для доведения его до уровня «пассивного» дома позволяют сократить фактический объем выбросов при эксплуатации на 75 тонн в год.

Работы по сканированию объектов жилой застройки проводятся и специалистами кафедры САПР объектов строительства СтИ УрФУ. Пример сканирования жилого дома в г. Реж Свердловской области приведен на рис. 1. Полученные данные могут быть использованы для оформления отчета по обмерным работам, составления смет на ремонт фасадных конструкций, реконструкции и реновации объектов и т.д.

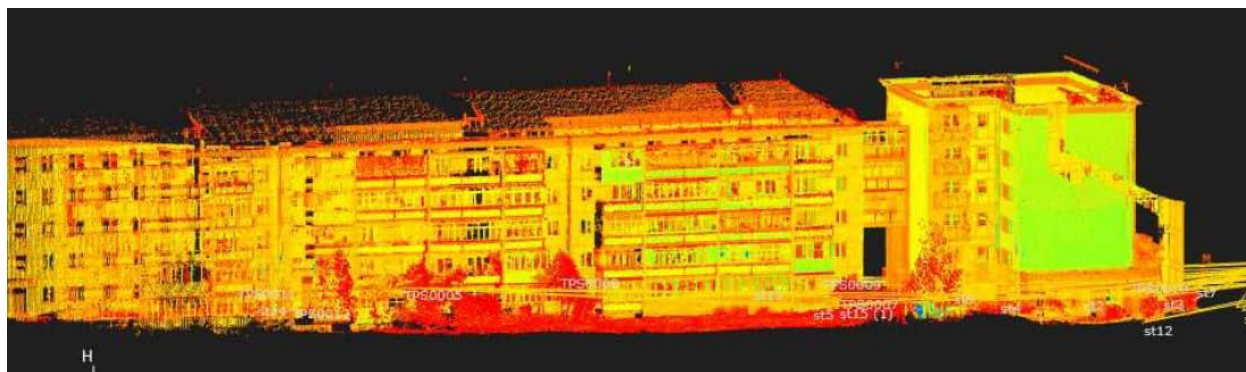


Рис. 1. Результат сканирования жилого дома в г. Реж Свердловской области



Летом 2016г. специалистами кафедры САПР ОС СтИ УрФУ произведено обследование строительных конструкций зрительной части объекта культурного наследия «ФГУК «Екатеринбургский государственный академический театр оперы и балета» на пр. Ленина, 46 а в г. Екатеринбурге» для проведения последующих работ по реставрации. При проведении работ использовалась технология лазерного сканирования для определения высотных отметок и геометрии купола зрительской части театра (рис. 2).

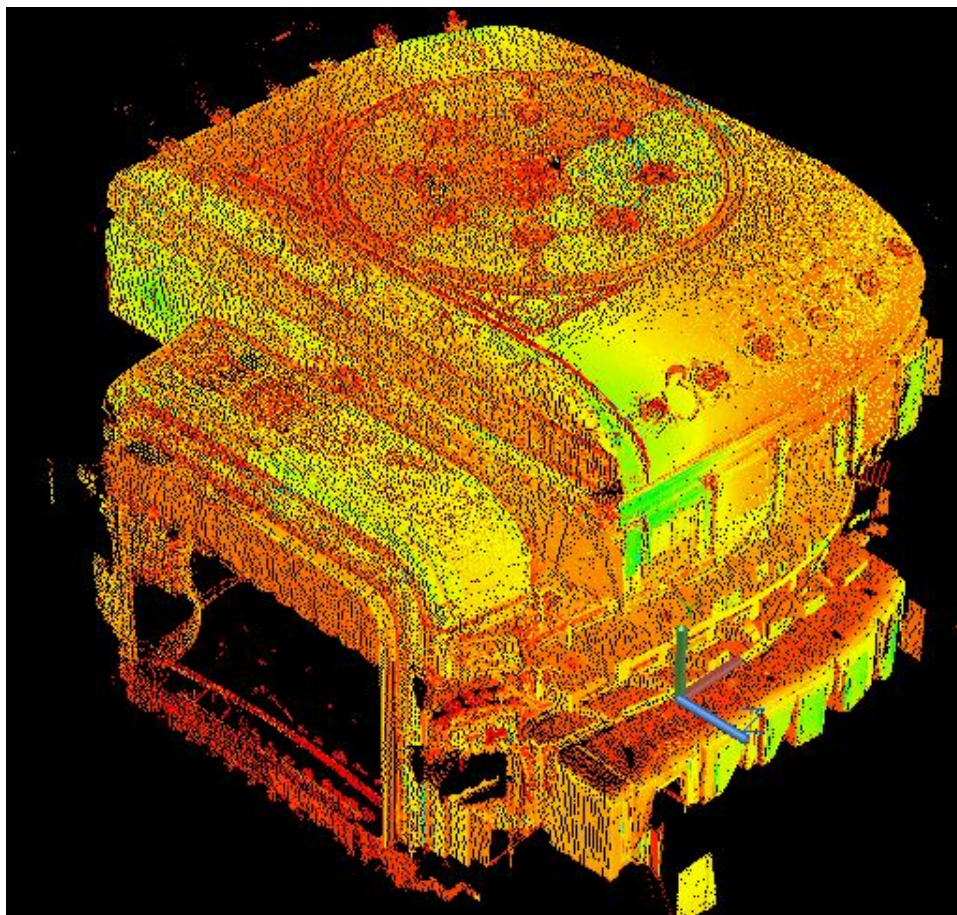


Рис. 2. Результат сканирования зрительской части театра оперы и балета, г. Екатеринбург. Общий вид

Данные сканирования были переданы в ПК Revit для последующей обработки и определения высотных отметок (рис. 3).

При реконструкции промышленных объектов специалистам приходится решать целый ряд специфических задач: поиск оптимальных архитектурных и конструктивных решений, повышение энергоэффективности предприятия и здания, включая замену технологического и инженерного оборудования, демонтаж и возведение новых конструкций. Однако наиболее сложной задачей оказывается задача увязывания всех, как новых, так и существующих, инженерных сетей.



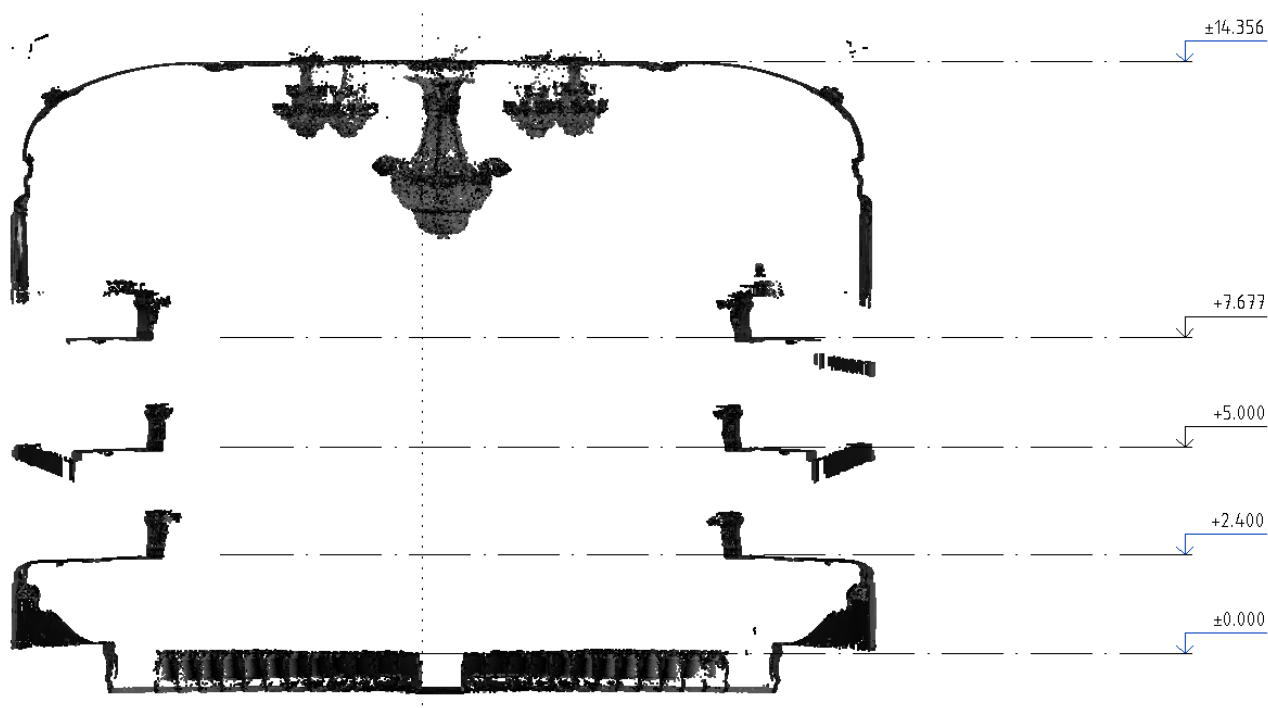


Рис. 3 Обработка облака точек в ПК Revit

Пересечение сетей различного назначения на этапе строительства влечет за собой не только переделку документации, но дополнительные финансовые расходы на материалы и изделия. Ситуация зачастую осложняется тем, что документация (как проектная, так и исполнительная) для старых промышленных объектов отсутствует, а составленная по результатам обследования и обмерных работ информация не является исчерпывающей. В этом случае помогает использование лазерного сканирования. В результате получается трехмерное облако точек, иллюстрирующее точное расположение всех коммуникаций. На основании результатов сканирования создается трехмерная информационная модель, позволяющая получить полное представление об объекте и разработать наиболее эффективные решения по реконструкции объекта.

На рис.е 4 представлено панорамное изображение реконструируемого цеха завода в г. Екатеринбург. Здание построено в 40-х годах XX века. Документация на строительные конструкции здания отсутствует.



Рис. 4. Панорамная фотография части цеха завода в г. Екатеринбург

Лазерное сканирование объекта (фрагмент скана приведен на рис. 5) произведено Пугачем С. К. и Лешуковым В. Д., студентами кафедры САПР ОС СтИ УрФУ, в рамках выполнения выпускной квалификационной работы.

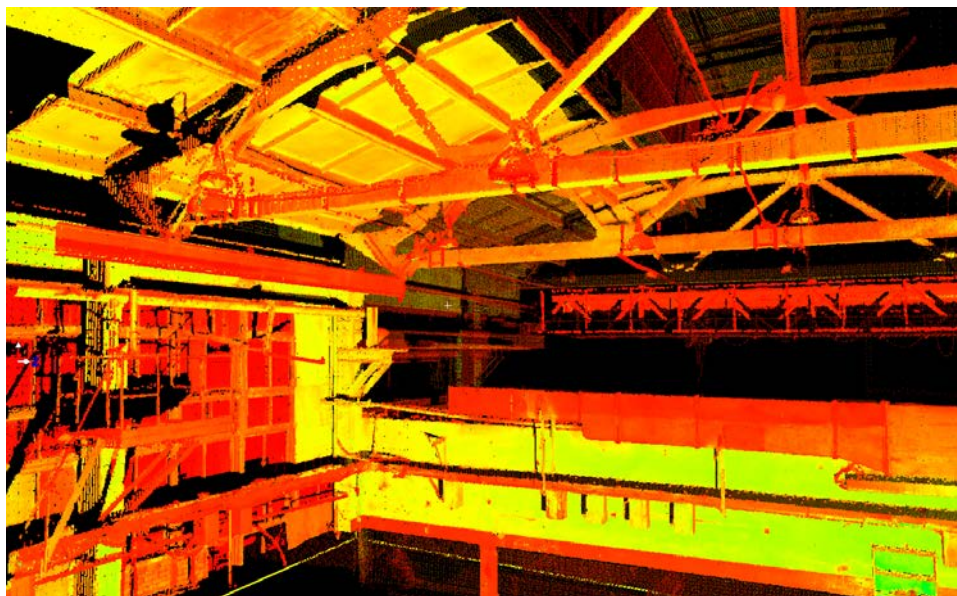


Рис. 5. Результат сканирования цеха в г. Екатеринбург

Применение технологии лазерного сканирования значительно сократило время проведения обмерных работ, помогло выявить деформации конструкций, неточности монтажа несущих конструкций, особенности расположения инженерных коммуникаций и позволило создать подробную трехмерную модель объекта для последующих работ по проведению реконструкции объекта. На основе имеющейся модели была запроектирована установка энергоэффективного оборудования и увязка новых коммуникаций с уже существующими (рис. 6).

В результате использования связки «лазерное сканирование – BIM-технология» исключаются возможные многочисленные коллизии еще на этапе проектирования, автоматизируется процесс создания сметной документации на демонтаж конструкций, замену оборудования, строительные работы по возведению или замене конструкций и т.д. Наличие информационной модели позволяет определить количество оборудования, графики замены и обслуживания каждого конкретного устройства, количество материалов и изделий для капитального ремонта, а также многое другое. Таким образом, использование информационной модели не ограничивается только стадией проектирования, но и может успешно применяться на стадии эксплуатации объекта.

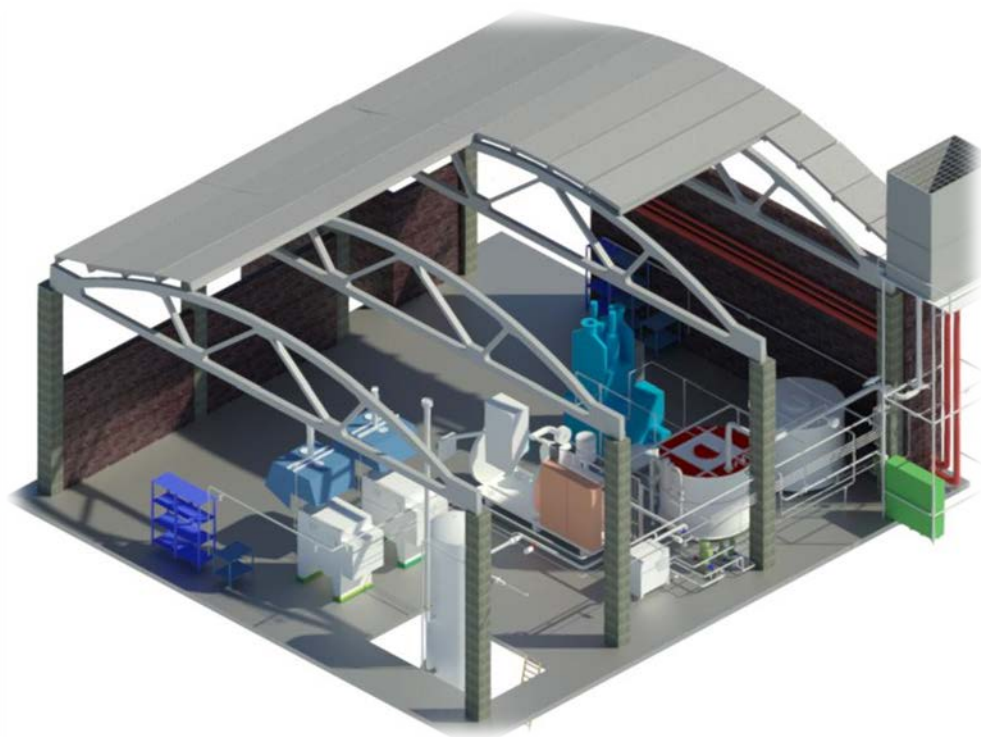


Рис. 6. Фрагмент информационной модели объекта для разработки проекта реконструкции

### **Библиографический список**

1. [http://www.paroc.ru/campaigns/проект-«иннова»-\(innova\)-](http://www.paroc.ru/campaigns/проект-«иннова»-(innova)-) дата обращения 13.03.2017 г.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРИМЕНЕНИЯ ОТХОДОВ  
ТЕХНОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ  
ГИДРОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

*Грехов П. И.*

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева», с. Лесниково, Россия

*Суханов А. М.*

Курганская государственная сельскохозяйственная академия имени Т. С. Мальцева», с. Лесниково, Россия, fktretqcv@mail.ru

**Аннотация.** Использование битумно-солевых масс при производстве рулонных гидроизоляционных материалов решает задачи, связанные с долговременным хранением БСМ, должно оказать положительное влияние на физико-механические показатели, приведет к снижению себестоимости продукции и частично уменьшит нагрузку на окружающую среду.

**Ключевые слова:** рулонные гидроизоляционные материалы, битумно-солевая масса, утилизация.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## APPLICATION OF TECHNOGENIC WASTE BY MANUFACTURE OF WATERPROOFING MATERIALS

*Grehov P. I.*

Kurgan State Agricultural Academy named after T. S. Maltsev», Lesnikovo,  
Russia

*Suhanov A. M.*

Kurgan state agricultural academy named after T. S. Maltsev », Lesnikovo,  
Russia, fktretqcv@mail.ru

**Abstract.** The use of bitumen-salt masses in the production of rolled waterproofing materials solves the problems associated with long-term storage of BSM must have a positive impact on the physical and mechanical properties, will lead to the reduction of production costs and partially reduce the burden on the environment.

**Key words:** rolled waterproofing materials, bitumen-salt mass, utilization.

При возведении любых зданий и сооружений важнейшим конструктивно-ограждающим элементом является кровля. По конструктивному решению имеют весьма разнообразный спектр, в том числе и плоские кровли.

Применение плоских крыш в различных сооружениях имеет определённые преимущества, а при больших площадях перекрытия она оказывается наиболее экономичной конструкцией. Такая крыша даёт архитектору и строителю широкие возможности для творчества: на плоской кровле можно устраивать сад, кафе, стоянку для машин, террасу, вертолётную площадку.

В европейской архитектуре уже почти полвека доминируют плоские кровли (на Востоке эта традиция имеет многовековую историю). В России до недавних пор их применение было ограничено сферой городской архитектуры индустриального производства. С приходом на российский строительный рынок новых технологий и материалов значительно расширились возможности устройства плоских кровель. И речь не только об инверсионных крышах. Плоские кровли постепенно завоевывают популярность в индивидуальном малоэтажном строительстве. В настоящее время их доля в этом секторе около 3 %, при том, что лет пять они не использовались вовсе. Благодаря внедрению современных гидро- и теплоизоляционных материалов плоская кровля стала надежнее, реже требует ремонта, появилась возможность использовать ее даже в условиях крайнего севера.

Основную часть рынка кровельных материалов для плоских крыш занимают рулонные изделия. Рулонные материалы относятся к группе «мягкая кровля». Они представляют собой полотнища, скатанные в рулоны (отсюда они и получили свое название). Рулонные материалы могут обеспечивать водонепроницаемость даже при нулевых уклонах, а верхний предел рекомендуемых уклонов составляет 45–50 %. Кровлю из рулонных материалов делают из нескольких слоёв, составляющих кровельный ковёр. В низ ковра укладывают подкладочные материалы (беспокровные), а верхний слой устраивают из покровных материалов, имеющих покровный слой из тугоплавкого битума и посыпку: крупнозернистую, мелкозернистую или пылевидную.

Основные рулонные материалы изготавливают путём обработки основы (кровельного картона, асбестовой бумаги, стеклоткани и др.) битумами, дегтями и их смесями. Наибольшее распространение получили битумные на картонной основе (рубероид, рубемаст и т.п.). Они по-прежнему широко применяются, хотя уже и не отвечают современным требованиям. Важным шагом в развитии рулонных материалов стала замена биологически недолговечной картонной основы не гниющими материалами: стеклохолстами, стеклотканями и т.п. (битумные материалы на не гниющих основах) При этом кроме биологической долговечности материала увеличилась и его прочность. Большое



распространение материалы на основе картона получили из-за своей индустриальности, дешевизны и доступности материалов. Следует отметить, что в Западной Европе, в частности в Германии, уже многие годы битумные материалы на картонной основе запрещены к применению для устройства кровель.

Не смотря на все многообразие рулонных гидроизоляционных материалов, в качестве основного связующего материала придающего гидрофобные свойства применяется битум или битумполимерные материалы. Кроме того, важную роль при обеспечении высоких эксплуатационных качеств играет основание (стяжка), которая может быть изготовлена из асфальтобетона с применением модифицирующих добавок техногенного происхождения [5].

На основании выше изложенного можно сделать вывод, что битумы и его модификации дают существенный вклад в стоимостном компоненте изделия. Следовательно, в случае снижения стоимости битумного компонента произойдёт снижение стоимости и изделия в целом. Вариантом решения этого вопроса может быть вариант применения битумно-солевых масс получаемых при уничтожении химического оружия.

В целях выполнения конвенционных обязательств по уничтожению запасов химического оружия Федеральной целевой программой «Уничтожение запасов химического оружия в Российской Федерации» (далее именуется Программа уничтожения ХО) предусматривается утилизация или уничтожение продуктов детоксикации отравляющих веществ, образующихся в процессе уничтожения химического оружия (ХО), на предприятиях химической промышленности, отобранных на конкурсной основе.

Разработанная в ФГУП ГосНИИОХТ двухстадийная технология уничтожения химического оружия, содержащего фосфорорганические отравляющие вещества (ФОВ), явилась основой для начала проектирования объектов по уничтожению химического оружия. Данная технология принята к реализации на подобном объекте, расположенном в районе г. Щучье Курганской области.

Двухстадийная российская технология уничтожения химического оружия предусматривает раздельное уничтожение компонентов химических боеприпасов, т.е. отравляющего вещества и корпуса химического боеприпаса. При этом процесс уничтожения ФОВ включает две стадии:

- извлечение ФОВ из боеприпаса и его детоксикация с помощью химического реагента с получением реакционной массы, содержащей менее  $1 \cdot 10^{-4}$  мас. % ФОВ;
- перевод реакционной массы в малотоксичный битумно-солевой отход, не содержащий отравляющего вещества.



В результате проведения процесса детоксикации ФОВ образуются многокомпонентные смеси, содержащие продукты, относящиеся к различным классам химических соединений.

Процесс перевода жидких реакционных масс, содержащих растворители и ряд органических продуктов, в твердые битумно-солевые массы (БСМ), пригодные для безопасного длительного захоронения, осуществляется, в основном, на стадии вакуумной дистилляции битумно-реакционных масс (РМ) в роторно-пленочном испарителе (после стадий смешения РМ с гидроокисью кальция и расплавленным битумом). В ходе этого процесса происходит испарение легколетучих соединений из тонкой пленки не кипящей жидкости. Полученный дистиллят содержит растворитель, воду и ряд летучих примесей, а неиспарившийся остаток - битумно-солевые массы, которые являются конечным продуктом технологического процесса ФОВ и относятся к третьему классу опасности.

Переработка реакционной массы, полученной на первой стадии детоксикации ФОВ, является более сложной задачей, чем сам процесс уничтожения исходного вещества, поскольку конечный продукт должен соответствовать нормативам токсикологической и экологической безопасности [1, 2].

В связи с этим требует решения вопрос переработки этих отходов или их использования в качестве компонентов в продукции хозяйственного назначения [3, 4, 6].

Получаемые битумно-солевые массы после переработки отравляющих веществ являются малоопасными для человека и по ГОСТ 12.1.007-76 относятся к III классу опасности.

В виду этого мы видим возможность применения БСМ в производстве рулонных гидроизоляционных материалов, т. к. это решает ряд задач связанных с долговременным хранением огромного количества битумно-солевых масс. В случае с вариантом захоронения БСМ потребуется выделение территорий, которые в последующем долгое время не могут быть использованы как сельскохозяйственных угодий.

Применение БСМ в качестве компонента гидроизоляционных материалов оправдано и с экономической точки зрения, произойдет удешевление конечного продукта и частично уменьшит нагрузку на окружающую среду [7].

### **Библиографический список**

1. Шкрабак В. С., Грехов П. И. Обеспечение безопасности при получении и использовании АПК материалов утилизации химического оружия. // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. №14, 2009.
2. Шкрабак В. С., Грехов П. И. Методологические положения по обоснованию путей обеспечения безопасности в системе «человек-материалы утилизации химического оружия-объекты АПК-окружающая среда». // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. №16, 2009.

3. Шкрабак В. С., Грехов П. И. Характеристика материалов на основе отходов при уничтожении химического оружия и возможности их использования в АПК. // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. №23, 2011.
4. Шкрабак В. С., Грехов П. И. Факторы безопасности при получении для целей АПК материалов утилизации от химического оружия. // Известия Санкт-Петербургского аграрного университета. №26, 2012.
5. Грехов П. И., Шкрабак В. С. Асфальтобетонная смесь. Патент на изобретение №2579128. Зарегистрирован в Госреестре изобретений РФ 2 марта 2016 г.
6. Суханов А.М. Использование промышленных отходов в строительстве // Современное состояние и перспектив развития агропромышленного комплекса: Материалы международной научно-практической конференции. – Курган: Изд-во Курганской ГСХА, 2016. – С. 386–388.
7. Суханов А.М., Грехов П.И. Утилизация отходов промышленности при производстве изделий стройиндустрии // Инженерные системы и сооружения. – 2016. - №1(22). - С.73–78.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И  
КОНСТРУКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ  
РЕАЛИЗАЦИИ ИННОВАЦИОННОГО  
ПОТЕНЦИАЛА СБОРНО-МОНОЛИТНЫХ  
СИСТЕМ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

*Зотеева Е. Э.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, zoteeva@outlook.com

*Фомин Н. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** На основе авторской методики, адаптированной для инженерных расчетов, из ряда сборно-монолитных систем гражданских зданий, реализованных в г. Екатеринбурге, была определена система, обладающая максимальным инновационным потенциалом. Для ускоренного реализации потенциала системы предложен комплекс новых технологических и конструктивных решений по возведению несущих конструкций здания, защищенных патентами.

**Ключевые слова:** конструктивные и технологические решения, инновационный потенциал, сборно-монолитная система, гражданские здания.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**NEW DESIGN AND TECHNOLOGICAL  
CONCEPTS FOR REALIZATION OF  
INNOVATIVE POTENTIAL OF PRECAST AND  
CAST-IN-SITU CIVIC BUILDINGS SYSTEMS**

*Zoteeva E. E.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, zoteeva@outlook.com

*Fomin N. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** On the basis of the author's technique, adapted for engineering calculations, from a row of precast and cast-in-situ system of the civic building realized in Yekaterinburg the system having the maximum innovative potential has been defined. For the capacity of system accelerated realization the complex of new design and technology concepts for construction of the building load-bearing structures, protected by the patents, is offered.

**Key words:** design and technology concepts, innovative potential, precast and cast-in-situ system, civic buildings.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Для эффективного продвижения сборно-монолитной системы гражданских зданий на рынке с целью массового практического применения, в том числе в новых регионах, важны не только коммерческие результаты от ее реализации в текущем периоде, но потенциальные возможности для совершенствования. Каждая из сборно-монолитных систем обладает потенциалом конструктивного и технологического улучшения. Но для определения этого потенциала необходимы специальные методики.

Несмотря на значительное количество публикаций, содержащих анализ конструктивных и технологических особенностей той или иной широко используемой в гражданском строительстве сборно-монолитной системы [1, 2, 3], до настоящего времени, не предложено методики оценки потенциальных возможностей ее совершенствования.

В работе [4] авторами предложена методика определения инновационного потенциала сборно-монолитных систем гражданских зданий, адаптированная для инженерных расчетов, в основу которой положен анализ экспертных оценок комплекса показателей системы, характеризующих уровень ее эксплуатационных качеств, и удельный вес изобретательских решений.

Согласно методике величина инновационного потенциала зависит от факторов: масштабности, технологичности, нормативного обеспечения, репутации и удельного веса изобретательских решений, заложенных в системе. Каждый фактор имеет свой весовой коэффициент, отражающий его значимость при определении потенциала.

С учетом весового коэффициента каждого фактора, определенного экспертной оценкой, инновационный потенциал сборно-монолитной системы  $I$  оценивается по следующей формуле:

$$I = K_M \cdot I_M + K_T \cdot I_T + K_N \cdot I_N + K_P \cdot I_P + K_I \cdot I_I,$$

где  $I_M$ ,  $I_T$ ,  $I_N$ ,  $I_P$ ,  $I_I$  – соответственно, индексы факторов масштабности, технологичности, нормативного обеспечения, репутации и удельного веса изобретательских решений сборно-монолитной системы;

$K_M$ ,  $K_T$ ,  $K_N$ ,  $K_P$ ,  $K_I$  – весовые коэффициенты соответствующих индексов.

Представленная методика была использована для оценки инновационного потенциала сборно-монолитных систем гражданских зданий для г. Екатеринбурга.

Анализ гражданского строительства в городе (рассмотрено более 120 проектов зданий, построенных в период 2010–2016 гг.) выявил, по крайней мере, пять успешно реализованных сборно-монолитных систем: «РЕКОН» (так называемая «Чебоксарская серия»); «Универсальная открытая архитектурно-строительная система многоэтажных зданий АРКОС» (Серия Б1.020.1-7); «Унифицированная система сборно-монолитного

безригельного каркаса» (КУБ-2,5); «Универсальная домостроительная система» (УДС); сборно-монолитный каркас с несъемной железобетонной опалубкой стен и перекрытий с несущим арматурным каркасом «Филигран» [5, 6].

Сборно-монолитные системы, проранжированные по величине инновационного потенциала, представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Сборно-монолитные системы гражданских зданий, реализованные в Екатеринбурге  
и их инновационный потенциал**

Наименование системы (разработчик)	Общие характеристики	Индексы факторов инновационного потенциала и их весовые коэффициенты					Инновационный потенциал
		Им	Ит	Ин	Ир	Ии	I
		Км	Кт	Кн	Кр	Ки	
Сборно-монолитный каркас с несъемной железобетонной опалубкой стен и перекрытий с несущим арматурным каркасом «Филигран»	Каркас состоит из сборно-монолитных стен и перекрытий. Сборно-монолитная стена образована из двух тонкостенных (50...60 мм) сборных панелей, соединенных пространственным арматурным каркасом, между панелями выполняется монолитный сердечник. Сборно-монолитное перекрытие содержит основание из тонкостенной сборной панели и пространственного арматурного каркаса и верхней монолитной части. В узлах соединения перекрытия со стенами устраивается дополнительное армирование. Шаг стен до 7,2 м.	1,0 0,15	0,7 0,28	0,55 0,15	0,6 0,15	0,34 0,27	0,610
«Универсальная открытая архитектурно-строительная система многоэтажных зданий АРКОС» (Серия Б1.020.1-7) (НИЭП ГП БелНИИС)	Каркас состоит из сборных одноярусных или многоярусных колонн (как правило, на 2 этажа), имеющих просечки в уровне перекрытий, и сборно-монолитного перекрытия, образованного из многопустотных плит перекрытий и монолитных ригелей, выполняемых в створе с колоннами (при пролетах до 6,0 м высота несущих ригелей равна высоте сборных плит). Шаг колонн сечением от 300×300 мм находится в диапазоне от 2,7 до 7,2 м. Колонны соединяются по высоте вне уровня перекрытия, при помощи сварки арматурных выпусков или соединительных шпилек и гаек (для варианта со стальными листами по торцам колонн). Проектирование каркаса предусмотрено по методике, изложенной в серии (выпуск 0-1)	0,36 0,15	0,55 0,28	0,6 0,15	0,6 0,15	0,66 0,27	0,566

Наименование системы (разработчик)	Общие характеристики	Индексы факторов инновационного потенциала и их весовые коэффициенты					Инновационный потенциал
		Им	Ит	Ин	Ир	Ии	I
«Унифицированная система сборно-монолитного безригельного каркаса» (КУБ-2,5) существуют варианты систем: КУБ-1, КУБ-2, КУБ-2М, КУБ-2К, КБК, КУБ-3V, КУБ-3 (для системы КУБ-2,5: Госкомархитектуры при Госстрое СССР, НСПО «Монолит», ЦНИПИ «Монолит»)	Каркас состоит из сборных одноярусных или многоярусных колонн, имеющих просечки в уровне перекрытий (для КУБ-2,5), и безригельного сборно-монолитного перекрытия, образованного из сплошных одномодульных или двухмодульных плит толщиной 160 мм (надколонных – опорных, межколонных и средних), соединенных петлевыми выпусками (стык Г.П. Передерия), дополнительными арматурными стержнями, с последующим обетонированием стыка. Шаг колонн сечением от 200×400 мм находится в диапазоне от 3,0 до 12 м. Колонны соединяются сваркой в уровне перекрытия с последующим омоноличиванием. Указания по проектированию каркаса и технологии возведения каркаса системы КУБ-2,5 представлены в серии (выпуск 1-1).	0,84 0,15	0,5 0,28	0,8 0,15	0,6 0,15	0,221 0,27	0,535
«РЕКОН» «Чебоксарская серия» (ОАО «Чебоксарский ДСК»)	Каркас состоит из сборных многоярусных колонн на 2-3 этажа, имеющих просечки в уровне перекрытий, и комплексных сборно-монолитных ригелей балочной конструкции, (сборная часть прямоугольного сечения, предварительно напряженная), которые поэтажно объединены сборно-монолитными дисками перекрытий (сборная часть – предварительно напряженные железобетонные плиты). Шаг колонн сечением от 250×250 мм, при ригелях от 250×200 мм, находится в диапазоне от 1,5 до 7,2 м. Колонны соединяются по высоте вне уровня перекрытия, без сварки, при помощи «штепсельного стыка».	0,6 0,15	0,49 0,28	0,21 0,15	0,4 0,15	0,46 0,27	0,443



Наименование системы (разработчик)	Общие характеристики	Индексы факторов инновационного потенциала и их весовые коэффициенты					Инновационный потенциал
		Им	Ит	Ин	Ир	Ии	I
«Универсальная домостроительная система» (УДС)	Каркас состоит из сборных многоярусных колонн, имеющих просечки в уровне перекрытий, и комплексных сборно-монолитных ригелей балочной конструкции, (сборная часть лоткового сечения, предварительно напряженная), которые поэтажно объединены сборно-монолитными дисками перекрытий (сборная часть – предварительно напряженные железобетонные плиты). Шаг колонн сечением 400×400 мм, при ригелях от 250×250 мм, находится в диапазоне от 1,5 до 7,2 м. Колонны соединяются по высоте вне уровня перекрытия, без сварки, при помощи «штепсельного стыка».	0,6 0,15	0,49 0,28	0,21 0,15	0,4 0,15	0,17 0,27	0,365

Примечание: Рассмотрены патенты только по системе КУБ-2,5. Следует отметить наличие патентов на способы монтажа и технологическую оснастку для систем, разработанных на основе КУБ-2,5, например, КУБ-3V, КБК или УИКСС.

Несмотря на относительно небольшой объем запатентованных решений, наибольшим инновационным потенциалом обладает сборно-монолитный каркас с несъемной железобетонной опалубкой стен и перекрытий с несущим арматурным каркасом «Филигран» ( $I = 0,610$ ). Его преимущество перед другими сборно-монолитными системами заключается в высокой технологичности монтажа сборных элементов, реализуемой строительными организациями в условиях г. Екатеринбурга [7]. Кроме этого в Екатеринбурге уже построено более двух десятков зданий с применением данной несъемной опалубки. Инженерно-функциональные эксплуатационные качества таких зданий, по результатам проведенных нами исследований, также позволяют сделать однозначный вывод о преимуществе данной сборно-монолитной системы.

Заметим, что несъемная железобетонная опалубка весьма популярна за рубежом, в том числе и на территориях северных европейских стран (Швеция, Финляндия, Норвегия) о чем свидетельствуют данные в иностранных технологических и конструкторских пособиях, например, в следующих работах [8, 9].

Несмотря на свой высокий инновационный потенциал и относительно широкое распространение (в условиях города Екатеринбурга) сборно-монолитный каркас с несъемной железобетонной опалубкой имеет ряд конструктивных и технологических недостатков, снижающих его массовое применение.

К существенному конструктивному недостатку системы следует отнести неоднородное сцепление сборных элементов несъемной стеновой опалубки с монолитным сердечником (недостаток К).

Авторами установлено, что при изготовлении железобетонной несъемной опалубки цементное молочко на ее внутренних поверхностях образует сплошную пленку (рис. 1) По технологии изготовления одна из плит, сформованная раньше, находится в камере твердения не менее двух суток, а другая, сформованная позже, – только одни сутки. Также отличается анкеровка пространственного арматурного каркаса в плитах: два стержня каркаса в плите, сформованной раньше, и один в плите, сформованной позже (рис. 2).

Все это приводит к тому, что сцепление между сборными плитами опалубки и монолитным слоем неоднородно: для плиты, сформованной раньше, удельная величина сцепления будет выше, чем для плиты, сформованной позже.

Данное утверждение вполне согласуется с результатами, проведенного нами, эксперимента. Сквозным бурением испытывались три образца сборно-монолитных стен на 7, 14 и 28 суток твердения монолитного бетона.



пленка (глянцевитая поверхность)  
на внутренней поверхности опалубки

Рис. 1. Фрагмент железобетонной несъемной стеновой опалубки

У подавляющего числа кернов (около 95 %) сборная часть, являющаяся фрагментом плиты, сформованной позже, отделялась при бурении по границе контакта с монолитной частью. Объем кернов, у которых отделился фрагмент плиты, сформованной раньше, не превысил 5 %. При этом нами варьировались диаметр бура, а также сторона стены, с которой выполнялось бурение. Часть кернов, полученных нами в результате бурения сборно-монолитных стен, показаны на рис. 3.



Рис. 2. Пространственный арматурный каркас



Рис. 3. Керны, выбуренные из сборно-монолитной стены

К основным технологическим недостаткам системы следует отнести следующее:

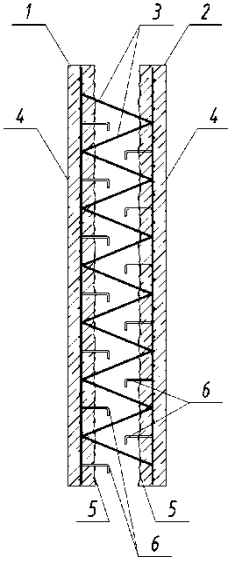
- технологическая сложность заполнения бетонной смесью узких полостей (100–120 мм) между сборными стеновыми элементами (недостаток Т1);
- низкая технологическая надежность контроля прочности бетона монолитной части стены неразрушающими способами (недостаток Т2);
- технологическая сложность зимнего бетонирования, связанная с укладкой бетонной смеси в неутепленную железобетонную конструкцию (недостаток Т3);
- технологическая сложность формирования торцов монолитной плиты сборно-монолитного перекрытия (недостаток Т4).

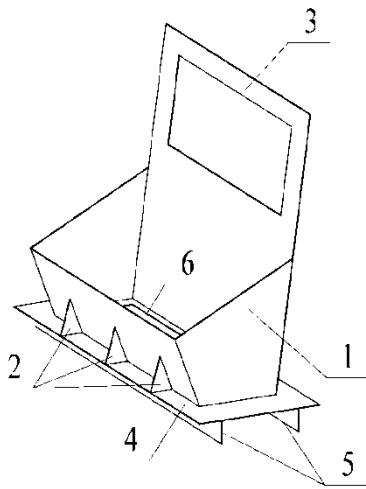
Для устранения выявленных недостатков сотрудниками и студентами кафедры «Промышленного, гражданского строительства и экспертизы недвижимости» (УрФУ) в

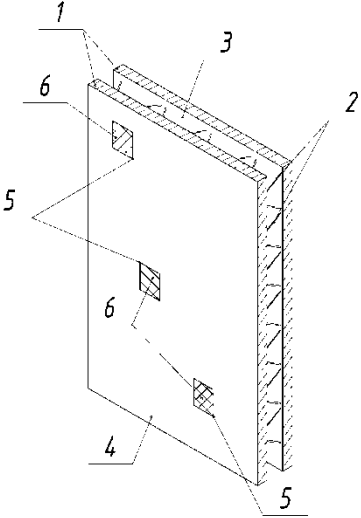
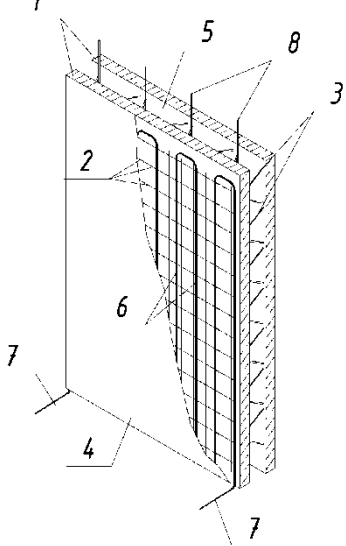
течение нескольких лет был разработан ряд конструктивных и технологических решений, связанный, в основном, с совершенствованием конструкции несъемной железобетонной опалубки. Новизна и промышленная применимость предложенных решений подтверждена российскими патентами. Применение разработанных решений позволяет не только повысить технологичность использования сборно-монолитной системы, но и улучшить ее конструкционную надежность и безопасность. Краткое описание решений представлено в табл. 2.

Таблица 2

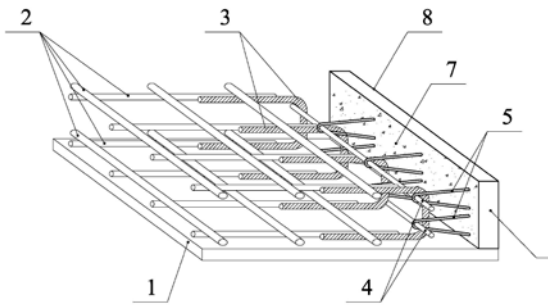
**Конструктивные и технологические решения для устранения недостатков  
сборно-монолитной системы**

Патент (заявка на патент)	Название (авторы)	Технический результат решения (какой недостаток устраняет решение)	Иллюстративный материал
Заявка № 201515 2684 ПМ  полож. решение 21.03.201 7	Железобетонная несъемная стеновая опалубка (Фомин Н.И., Бернгардт К.В.)	Обеспечение высокой несущей способности сборно-монолитной стены при ее работе на внецентренное сжатие за счет дополнительной анкерровки сборной и монолитной частей стены (К1)	 <p>1, 2 – тонкостенная плоская железобетонная плита первого и второго формования; 3 – пространственный арматурный каркас; 4 и 5 – наружная и внутренняя поверхность плиты; 6 – арматурные выпуски</p>

Патент (заявка на патент)	Название (авторы)	Технический результат решения (какой недостаток устраняет решение)	Иллюстративный материал
Патент № 163122 ПМ заявл. 01.12.201 5	Устройство для укладки бетонной смеси в полость ограниченного размера (Фомин Н.И., Бернгардт К.В)	Обеспечение высокой технологической надежности укладки бетонной смеси в полость ограниченного размера (Т1)	 <p>1 – воронка прямоугольного сечения; 2 – ребра жесткости; 3 – ручка-держатель; 4 – опорная пластина; 5 – направляющие; 6 – прямоугольное отверстие</p>
Заявка № 201613 1754 И заявл. 01.08.201 6	Способ подготовки к контролю качества монолитного бетона в сборно- монолитных стенах с элементами несъемной железобетонно й опалубки (Фомин Н.И.)	Обеспечение возможности контроля качества монолитного сердечника сборно- монолитной стены как разрушающими, так и неразрушающими методами с высокой точностью (Т2)	-

Патент (заявка на патент)	Название (авторы)	Технический результат решения (какой недостаток устраняет решение)	Иллюстративный материал
<p>Патент № 145678 ПМ</p> <p>заявл. 12.12.201 3</p>	<p>Железобетонная несъемная стеновая опалубка (Фомин Н.И., Шаврин Д.Л.)</p>	<p>Обеспечение высокой технологической надежности оценки прочности бетона монолитного сердечника сборно-монолитной стены при использовании неразрушающего контроля (Т2)</p>	 <p>1 – тонкостенная плоская железобетонная плита; 2 – пространственный арматурный каркас; 3 – внутренняя поверхность плиты; 4 – наружная поверхность плиты; 5 – сквозное отверстие; 6 – пробка из поризованного материала</p>
<p>Патент № 145947 ПМ</p> <p>заявл. 05.12.201 3</p>	<p>Железобетонная несъемная стеновая опалубка (Фомин Н.И., Шаврин Д.Л.)</p>	<p>Обеспечение стабильно высокой несущей способности сборно-монолитной стены, формируемой несъемной железобетонной опалубкой в зимних условиях (Т3)</p>	 <p>1 – тонкостенная плоская железобетонная плита; 2 – плоский арматурный каркас; 3 – пространственный арматурный каркас; 4 – наружная поверхность плиты; 5 – внутренняя поверхность плиты; 6 – греющие провода в виде змеевиков; 7 – концевые части греющих проводов; 8 – вертикальные стержневые электроды.</p>



Патент (заявка на патент)	Название (авторы)	Технический результат решения (какой недостаток устраняет решение)	Иллюстративный материал
Заявка № 20161466 3 И  заявл. 28.11.201 6	Способ формирования торцов монолитной части перекрытия и конструктивны й элемент для его осуществления (Фомин Н.И., Бернгардт К.В. Зотеева Е.Э.)	Повышение технологической надежности процесса формирования торцов монолитной части перекрытия, а также обеспечение возможности получения декоративной поверхности торцов перекрытия без дополнительных построечных работ (Т4)	 <p>1 – опалубка монолитной части перекрытия; 2 – арматура концевых участков монолитной части перекрытия; 3 – П-образные хомуты; 4 – обвязочные стержни; 5 – петлевые выпуски конструктивного элемента; 6 – панель конструктивного элемента; 7 – внутренняя сторона панели конструктивного элемента; 8 – внешняя сторона панели конструктивного элемента</p>

Примечание: ПМ – патент (заявка на патент) на полезную модель; И – патент (заявка на патент) на изобретение.

### Заключение

В результате анализа сборно-монолитных систем гражданских зданий, реализованных в Екатеринбурге, установлено, что наибольшим инновационным потенциалом обладает сборно-монолитный каркас с несъемной железобетонной опалубкой стен и перекрытий с несущим арматурным каркасом «Филигран». Дальнейшее развитие данной системы и увеличение объемов ее применения невозможно без разработки и внедрения комплексных решений по совершенствованию конструкции и технологии возведения несущего остова здания. Предложенные нами решения позволяют комплексно устранить существующие недостатки сборно-монолитной системы, обеспечить высокую технологичность ее применения, а также улучшить ее конструкционную надежность и безопасность.

### Библиографический список

- Мордич, А.И. Эффективные конструктивные системы многоэтажных жилых домов и общественных зданий (12 ... 25) этажей для условий строительства в Москве и городах Московской области, наиболее полно удовлетворяющие современным маркетинговым требованиям. Отчет о научно-исследовательской работе / А.И. Мордич, В.Н. Белевич и др. – Минск: Институт БелНИИС, 2002. – 117 с.
- Шембаков, В.А. Сборно-монолитное каркасное домостроение. Руководство к принятию решений / В.А. Шембаков. – Чебоксары, 2005. – 120 с.



3. Гуров, Е.П. Сборное домостроение. Стратегия развития. Часть 2 / Е.П. Гуров // СтройПРОФИль. – 2010. – №5. – С. 10 – 15.
4. Зотеева, Е.Э. Инновационный потенциал сборно-монолитных систем гражданских зданий / Е.Э. Зотеева, А.П. Исаев, Н.И. Фомин // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2016. № 4(31). С. 66-71.
5. СТО НОСТРОЙ 2.6.15-2011 «Конструкции сборно-монолитные железобетонные. Стены и перекрытия с пространственным арматурным каркасом. Технические условия». М.: НИИЖБ, Издательство «БСТ». 2011. – 49 с.
6. СТО НОСТРОЙ 2.7.16-2011 «Конструкции сборно-монолитные железобетонные. Стены и перекрытия с пространственным арматурным каркасом. Правила выполнения, приемки и контроля монтажных, арматурных и бетонных работ». М.: НИИЖБ, Издательство «БСТ». 2012. – 73 с.
7. Фомин, Н.И. Исследование технологии устройства сборно-монолитных стен в несъемной железобетонной опалубке / Н.И. Фомин // Вестник гражданских инженеров. – 2013. – № 5. С. 131-136.
8. Byggarbetplatsens teknikhandbok. Sveriges Byggindustrier. 2012.
9. Митев, И. Предпочти, предстени и конструкции от тях. Ръководство за проектиране / И. Митев, Б. Димитров, З. Димитров. АВС Техника. София. 2006.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ВЛИЯНИЕ МНОГОКРАТНОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ ДСП**

*Киселева О. А.*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов,  
Россия, kiseleva\_oa@rambler.ru

**Аннотация.** Вода оказывает отрицательное влияние на структуру древесных плит и их физико-механические характеристики. Негативное воздействие воды ещё более усугубляется в процессе воздействия на материал отрицательных температур, так как при замерзании её объём увеличивается в 4 раза, приводя к разрыхлению материала и разрыву слабых связей. Представленные в данной статье исследования посвящены изучению влияния количества циклов замораживания-оттаивания и изменения режима испытаний (продолжительности замачивания, температуры воды, температуры замораживания, продолжительности сушки) на прочность древесностружечных плит. Для получения полной картины, также представлены результаты по изменению водопоглощения и набухания плит после воздействия многократного замораживания-оттаивания.

**Ключевые слова:** древесностружечные плиты, прочность, водопоглощение, набухание.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **INFLUENCE OF FREEZE-THAW ON WOOD- SHAVING BOARDS STRENGTH**

*Kiseleva O. A.*

Tambov State Technical University, Tambov, Russia, kiseleva\_oa@rambler.ru

**Abstract.** Water has a negative affect for physical and mechanical characteristics of wood boards and its structure. The affect is more destructive in case of negative temperature, cause water volume increases by 4 times and material loosens and weak-links break. The research describe freeze-thaw cycles and parameters of tests (duration of steeping, temperature of water, temperature of freeze, duration of drying) for wood-shaving boards' strength. Also results on water absorption and swelling of fiberboard after repeated freezing-thawing are presented.

**Key words:** wood-shaving boards strength, water absorption, swelling.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Вода оказывает отрицательное воздействие на структуру древесных композитов. Заполняя пустоты между волокнами наполнителя, она вызывает дополнительное давление, ослабляя тем самым связи, и вымывает свободный карбамид и фенол. Кроме того молекулы воды проникают в стенки клеток древесного наполнителя, приводя тем самым к его набуханию и возникновению в материале повышенного давления. Всё это приводит к ухудшению физико-механических свойств материала. Негативное воздействие воды ещё более усугубляется в процессе воздействия на материал отрицательных температур. При замерзании воды её объём увеличивается в 4 раза, что приводит в свою очередь к разрыхлению материала и разрыву слабых связей [1].

Исходя из вышесказанного, возникла необходимость в изучении влияния многократного замораживания-оттаивания на свойства древесных композитов. Негативное влияние воды на свойства древесных композитов представлено в работах [2–4]. В данной статье рассмотрим влияние многократного замораживания-оттаивания на свойства древесностружечных плит.

В ходе проведения экспериментов образцы подвергались замачиванию в воде в течение 30 мин, 2 ч, 24 ч, затем замораживались в морозильной камере в течении 10 ч при температуре  $-12^{\circ}\text{C}$ , и высушивались в течение 10 ч при комнатной температуре ( $20^{\circ}\text{C}$ ). После определенного количества циклов замораживания-оттаивания образцы подвергались испытаниям, в процессе которых фиксировали изменение влажности, их толщины, а также прочность при поперечном изгибе. Для ряда образцов продолжительность сушки была увеличена до 24 ч, а также 5 месяцев после последнего цикла. Результаты представлены на рис. 1 и 2.

Из-за своей пористой структуры древесностружечные плиты обладают высоким водопоглощением. С каждым новым циклом замораживания-оттаивания растет влажность образцов и их толщина, причем по линейной зависимости. Так после 5 циклов прирост влажности образцов ДСП составляет 3,7 %, а после 10 циклов уже 7 %. Это говорит о том, что в материале увеличивается количество пор и пустот за счет разрыхления структуры. Существенное падение прочности на 73,5 % происходит впервые 5 циклов, а в последующие 5 циклов она снижается только на 6,5 %. Это говорит о том, что гигроскопическая влага накапливается в древесном наполнителе с каждым новым циклом (10 ч сушки не достаточно для ее удаления) и достигает своего предела к 5 циклу. В последующие 10 циклов происходит накопление капиллярной влаги, и потеря прочности ДСП замедляется. В данном случае снижение прочности вызвано двумя причинами. Во-первых, ослаблением и разрывом отдельных полимерных связей, что подтверждается вымыванием отдельных компонентов из смолы. О чём свидетельствовало изменение цвета воды, которая принимает насыщенный

рыжеватый оттенок уже к 5 циклу. Во-вторых, большое содержание в порах ДСП капиллярной влаги приводит к возникновению больших концентраторов напряжений, возникающих в результате увеличения в объеме воды при ее замерзании. Концентраторы напряжений в свою очередь приводят к возникновению трещин, рост которых вызывает разрушение древесных композитов.

Рассмотрим, как же влияет изменение режима замораживания-оттаивания (продолжительность замачивания, продолжительность сушки, температура воды) на свойства ДСП.

Первоначально, при увеличении продолжительности замачивания, влажность образцов менялась незначительно по линейной зависимости, достигая 10 % после 2 ч замачивания (рис. 1). Данный процесс сопровождался значительным увеличением толщины образцов (в 1,5 раза), свидетельствующим о проникновении воды в стенки клеток древесного наполнителя. При увеличении продолжительности замачивания до 24 ч влажность образцов резко увеличивается до 70 %, а изменение толщины образцов практически не происходит. Значит, на данном этапе вода заполняет полости и пустоты образца, не проникая в стенки клеток его древесной составляющей. Уже при небольшой продолжительности замачивания (порядка 30 мин) материал теряет порядка 30 % прочности. При увеличении продолжительности до 2 ч прочность продолжает интенсивно снижаться, достигая уровня 25 % от первоначальной. В последующие 22 ч замачивания процесс замедляется, и прочность составляет 17 % от первоначальной.

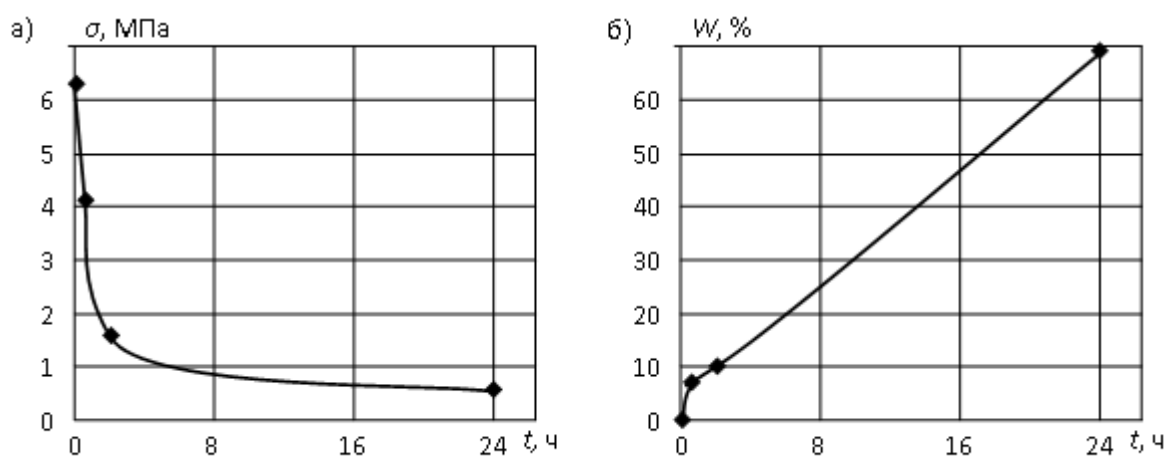


Рис. 1. Результаты испытаний: а – влияние продолжительности этапа замачивания на прочность ДСП; б – водопоглощение ДСП

Для древесноволокнистых плит длительность замачивания не так существенно сказывается на прочности. При длительности этапа замачивания 30 мин потеря прочности составляет 25 %, а 24 ч – 61 % [5, 6].

Температура воды также оказывает существенную роль на свойства материала. С увеличением температуры воды с 30 до 100°C она быстрее проникает в образец, и к 2 ч замачивания его насыщение влагой приближается к замачиванию в течение 24 ч при температуре воды 30°C. Соответственно увеличивается падение прочности, и после 2 ч замачивания она составляет 26 % от первоначальной.

Полученные данные говорят о том, что длительность этапа замачивания наиболее существенно сказывается на древесностружечных плитах. Однако данный материал менее чувствителен к действию горячей воды. При 100°C ДСП теряет только 66% прочности, а ДВП больше 80%. Влажность в данном случае у ДСП тоже ниже.

Немаловажным является вопрос, способен ли материал восстанавливать свою прочность в процессе сушки или нет. В процессе сушки часть воды испаряется. При кратковременной сушке в течение 10 ч в материале остается достаточно много влаги (70 %), которая начинает испаряться при сушке в течение 24 часов достигая уровня 12 % (рис. 2). При этом материала восстанавливается на 12 %. Дальнейшая сушка в течение 5 месяцев после последнего цикла испытаний способствует полному удалению из материала как капиллярной, так и гигроскопической влаги (водопоглощение составило 0 %). При этом прочность восстанавливается на 40 %, достигая уровня 76 % от первоначальной прочности. Потеря прочности в данном случае вызвана дефектами, возникшими в результате разрыва связей полимер-наполнитель.

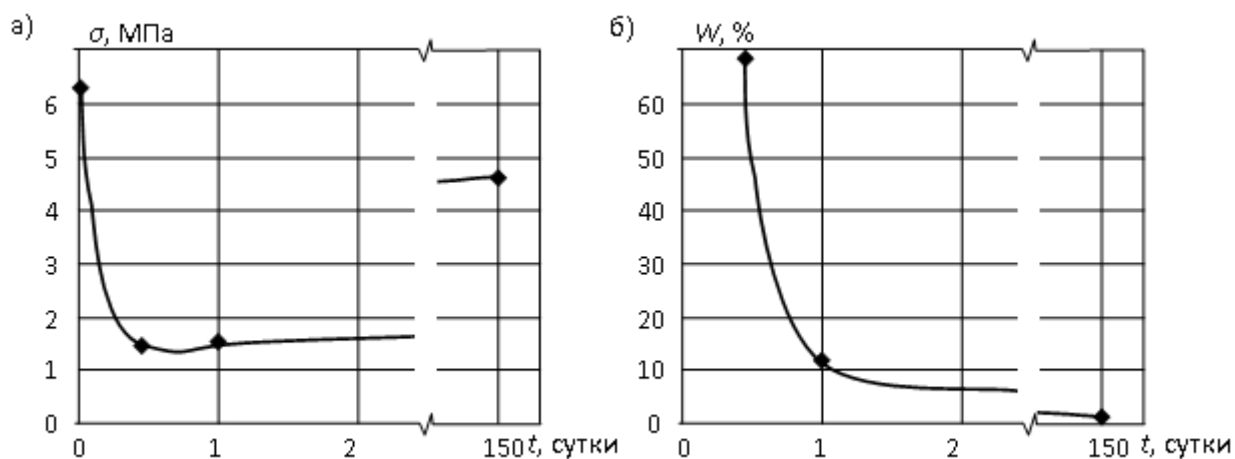


Рис. 2. Влияние продолжительности этапа сушки: а – на прочность ДСП;

б – на водопоглощение ДСП

Для древесноволокнистых плит восстановление прочности в процесс сушки происходит быстрее. Так при сушке в течение 10 ч прочность повышается на 30 %, а влажность составляет всего лишь 3,3 %. При увеличении продолжительности сушки до 4 дней наблюдается полное удаление влаги и значительные повышения прочности до уровня

70 % первоначальной [7]. Итак, процесс восстановления прочности в ДВП идет в 10–30 раз быстрее, но разрушенных связей в данном материале оказывается на 8 % больше.

Посмотрим, как влияют замораживание в естественных условиях на прочность материала. Образцы замораживали в зимний период, когда температура воздуха колебалась от  $-3$  до  $-20^{\circ}\text{C}$  в течении 5 и 10 циклов. По результатам испытаний оказалось, что условия замораживания не играют особой роли. Результаты, полученные после замораживания в морозильной камере и замораживания в естественных условиях, оказались одинаковыми для ДВП, а для ДСП, подвергнутого естественному замораживанию, прочность на 4 % выше. Т.е температура замораживания не сказывается на изменении свойств древесных композитов. В работе [8] приводятся исследования по влиянию продолжительности замораживания на потерю прочности древесноволокнистыми плитами. Интервал менялся в диапазоне от 2 до 24 ч. Результаты показали, что данный интервал не является значимым. Материал теряет приблизительно одинаковый процент прочности, при условии, что вода успевает замерзнуть по всей толщине образца.

Проанализировав представленные в работе данные можно сделать следующий вывод. На этапе замачивания в древесностружечные плиты проникает большее количество воды, чем в древесноволокнистые плиты, что, безусловно, сказывается на их физико-механических свойствах. Однако после длительной сушки данный материал оказывается устойчивее древесноволокнистых плит на 8 %, т. е ДСП могут выдерживать большие концентраторы напряжений за счет своего пористого строения.

### Библиографический список

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: учебное пособие для строительных специальных вузов. / И.А. Рыбьев М.: Высшая школа, 2004. 701 с.
2. Киселева О.А. Влияние режима замачивания при циклическом действии воды на механические свойства ламинированных древесноволокнистых плит / О.А. Киселева, Е.А. Груздева // *Materialy VIII Miedzynarodowej naukow-praktycznej konferencji «Aktualne problem nowoczesnych nauk – 2012»* Volume 48. Budownictwo i architektura. Fizyczna kultura i sport.: Prezemysl. Nauka i studia – С. 44-46.
3. Киселева О.А. Физические основы работоспособности строительных материалов из древесины / О.А. Киселева, В.П. Ярцев // Монография. Тамбов, 2007. 240 с.
4. Калининград Киселева О.А. Влияние режима сушки на свойства древесноволокнистых плит / О.А. Киселева // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. Калининград, 2017, Т.3, № 1. <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/02/2017-No1-Kiseleva.pdf>
5. Киселева О.А. Влияние воды на прочность и долговечность древесноволокнистых плит / О.А. Киселева, Е.А. Груздева, Д.С. Белякова// *Безопасность строительного фонда России: материалы междунар. академических чтений РААСН*. Курск, 2011. С. 242-247.
6. Белякова Д.С. Влияние многократного замораживания-оттаивания на несущую способность ДВП / Д.С. Белякова, О.А. Киселёва // *Сборник научных статей «Магистратура ТГТУ»*. Выпуск 25. Тамбов: ОАО «Тамбовская типография «Пролетарский светоч», 2012. С. 37-39.



7. Белякова Д.С. Прочность древесноволокнистых плит после многократного замораживания-оттаивания / Д.С. Белякова, О.А. Киселева// Сборник материалов XI-ой Международной научно-практической интернет-конференции «Состояние современной строительной науки -2013». Полтава, 2013. С. 89-91
8. Белякова Д.С. Влияние условий и длительности замораживания на прочность ДВП / Д.С. Белякова, О.А. Киселёва // «Актуальные вопросы образования и науки» : сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 30 декабря 2013 г. Часть 14. Тамбов: Изд-во ТРОО «Бизнес-Наука-Общество», 2014. С. 16-17

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **МЕТОДИКА РАСЧЕТА МЕТАНТЕНКОВ ПРИ МАЛЫХ ДОЗАХ ЗАГРУЗКИ**

*Клепалов Е. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, eugeny.klepalov@yandex.ru

*Шишмаков С. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, shishmakovsu@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассмотрены проблемы толкования положения СНиП 2.04.03-85 и свода правил СП 32.13330.2012 относительно выбора дозы загрузки осадка в метантенк на очистных сооружениях хозяйственно бытовых сточных вод. Положение СНиПа предписывало ведение процесса анаэробного сбраживания осадков сточных вод при дозе от 7 % до 10 % в мезофильном и от 14 % до 19 % (СНиП табл.59) в термофильном режиме. В соответствии с нормативными указаниями СП рекомендуемая доза загрузки в процессе анаэробного сбраживания составляет для мезофильного процесса  $\leq 7\%$  а для термофильного  $\leq 15\%$ . Однако свод правил не содержит прямых указаний относительно методики по расчету распада беззольного вещества осадков. Поэтому в статье проведены расчеты для вычисления распада беззольного вещества при небольших дозах загрузки осадка в метантенки, графически изображено влияние дозы загрузки и продолжительности процесса на распад беззольного вещества. Предложены практические пределы сбраживания осадка для мезофильного и термофильного режимов для смеси осадков.

**Ключевые слова:** доза загрузки, метантенк, мезофильный, термофильный, распад беззольного вещества.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

## **THE PROCEDURE FOR CALCULATING ANAEROBIC DIGESTER AT LOW LOADING DOSES**

*Klepalov E. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, eugeny.klepalov@yandex.ru

*Shishmakov S. Yu.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, shishmakovsu@yandex.ru

**Abstract.** This article discusses the interpretation of the provisions of SNiP 2.04.03-85 and the set of rules of SP 32.13330.2012 regarding the choice of the dose of loading of sludge into the digester at sewage treatment facilities of domestic wastewater. The SNiP regulation prescribed the maintenance of anaerobic digestion of sewage sludge at a dose from 7 % to 10 % in the mesophilic and from 14 % to 19 % (SNiP 2.04.03-85, Table 59) in the thermophilic regime. In accordance with the regulations of the joint venture, the recommended loading dose during anaerobic digestion is  $\leq 7\%$  for mesophilic process and  $\leq 15\%$  for thermophilic process. However, the set of rules does not contain direct instructions on the methodology for calculating the decay of ashless matter of precipitation. Therefore, this article conducted calculations of the collapse of the ash-free substance at small doses loading sludge into the digesters, graphically shows the influence of dose loading and the duration of the process of the collapse of the ash-free substance. The practical limits for sludge digestion mesophilic and thermophilic modes for the mixture of sludges.

**Key words:** loading dose, digester, mesophilic, thermophilic, decay of ashless substance.

Эффективность процесса анаэробного сбраживания осадков сточных вод обычно оценивается по степени распада беззольного вещества и выходу газа. Глубокий распад обеспечивает незагниваемость и стабильность осадков, что является необходимым условием их переработки и важнейшим санитарно-гигиеническим требованием.

СНиП 2.04.03-85 рекомендует ведение процесса анаэробного сбраживания осадков сточных вод при дозе загрузки метантенков по объему от 7 % до 10 % в мезофильном и от 14 % до 19 % в термофильном режиме, табл.1 [1, с 105, табл. 59].

Таблица 1

**Зависимость суточной дозы загружаемого осадка  $D_{мт}$ , % от режима сбраживания и влажности загружаемого осадка [1, с 105, таблица 59].**

Режим сбраживания	Суточная доза загружаемого осадка $D_{мт}$ , %, при влажности загружаемого осадка, %, не более				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	7	8	8	9	10
Термофильный	14	16	17	18	19

В соответствии с нормативными указаниями актуализированной редакции СНиПа рекомендуемая доза загрузки в процессе анаэробного сбраживания составляет для мезофильного процесса не более 7 % а для термофильного не более 15 % [2].

Однако свод правил [2] не содержит методических указаний по расчету распада беззольного вещества осадков при дозах загрузки менее 7 % и 15 %

Процесс распада беззольного вещества проиллюстрируем рисунком рис. 1 [3]

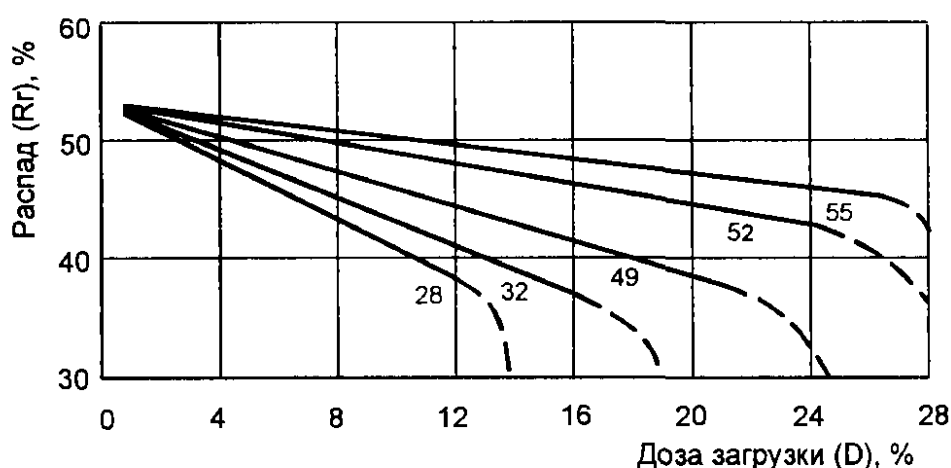


Рис. 1 Влияние дозы загрузки и температуры на распад беззольного вещества сырого осадка влажностью 95 %: на графиках указана температура процесса, °C

Как видно из рис. 1 процесс анаэробного сбраживания может осуществляться независимо от температуры с предельным распадом в 53 %, что соответствует дозе загрузки менее 1 %. Таким образом, процесс распада описывается известным уравнением [1]:

$$R_r = R_{lim} - K_r \cdot D_{mt} \quad (1)$$

где  $R_{lim}$  – максимально возможное сбраживание беззольного вещества загружаемого осадка, %;

$R_{lim} = 53\%$  и  $44\%$  для сырого осадка и избыточного активного ила соответственно.

$K_r$  – коэффициент, зависящий от влажности осадка;

$D_{mt}$  – доза загружаемого осадка, %.

В уравнении  $K_r$  – это тангенс угла наклона прямой распада, зависящий только от влажности осадка. Как видно из рисунка процесс при любых, в том числе малых дозах загрузки описывается этим же нормативным уравнением. Таким образом, предел распада не зависит от способов ведения процессов, для того чтобы рассчитать распад беззольного вещества при малых дозах можно воспользоваться нормативной формулой с дозой загрузки менее 7 % или 15 % для обоих температурных режимов. Величины  $K_r$  приведены в табл. 2 [1, с 106, табл. 61].

Таблица 2.

**Зависимость коэффициента  $K_r$  от режима сбраживания и влажности загружаемого осадка [1, с 106, табл. 61]**

Режим сбраживания	Значение коэффициента $K_r$ при влажности загружаемого осадка, %				
	93	94	95	96	97
Мезофильный	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофильный	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

Результаты расчетов процесса анаэробного сбраживания в мезофильном и термофильном режимах для смеси избыточного активного ила и сырого осадка в расширенном интервале доз загрузки сведены в табл. 3 и 4.

Таблица 3

**Результаты сбраживания в мезофильном режиме избыточного активного ила и осадка первичных отстойников в отношении 1:1 при влажности 95,5 %**

Доза загрузки $D_{mt}$ , %	Продолжительность, сут.	Распад без. в-ва $R_r$ , %	Объем метантенка, м <sup>3</sup>
2	50,0	47,22	3500
3	33,3	46,58	2333
4	25,0	45,94	1750
5	20,0	45,30	1400
6	16,7	44,66	1167
7	14,3	44,02	1000
8	12,5	43,38	875
9	11,1	42,74	778
10	10,0	42,10	700

**Результаты сбраживания в термофильном режиме смеси избыточного активного ила и осадка первичных отстойников в отношении 1:1 при влажности 95,5 %**

Доза загрузки $D_{мг}$ , %	Продолжительность, сут.	Распад без. в-ва $R_r$ , %	Объем метантенка, м <sup>3</sup>
2	50,0	47,95	3500
3	33,3	47,68	2333
4	25,0	47,40	1750
5	20,0	47,13	1400
6	16,7	46,85	1167
7	14,3	46,58	1000
8	12,5	46,30	875
9	11,1	46,03	778
10	10,0	45,75	700
11	9,1	45,48	636
12	8,3	45,20	583
13	7,7	44,93	538
14	7,1	44,65	500
15	6,7	44,38	467
16	6,3	44,10	438
17	5,9	43,83	412
18	5,6	43,55	389
19	5,3	43,28	368

Графическая иллюстрация зависимостей распада беззольного вещества от продолжительности процесса для термофильного и мезофильного режимов представлены на рис. 2. Продолжительность процесса является обратной величиной дозы загрузки:

$$T = \frac{1}{D} \cdot 100\% \quad (2)$$

где  $T$  – продолжительность процесса сбраживания, сутки;

$D$  – доза загрузки по объему, %.

Из рис. 2 и табл. 1, 2 видно, что при увеличении продолжительности сбраживания распад беззольного вещества возрастает. Увеличение продолжительности сбраживания сырого осадка и активного ила и соответственно уменьшение дозы загрузки целесообразно до 16–25 сут. (до 4–6 %) при мезофильном режиме и 11–15 сут. (до 6–9 %) при термофильном режиме. Дальнейшее увеличение продолжительности сбраживания не дает существенного эффекта. Результаты показали, что практическим пределом распада для смеси избыточного активного ила и сырого осадка влажностью 95,5 % при мезофильном режиме можно считать 45 % а при термофильном режиме – 45–46 %, т.к. увеличение продолжительности процесса связана с резким увеличением объемов метантенков.

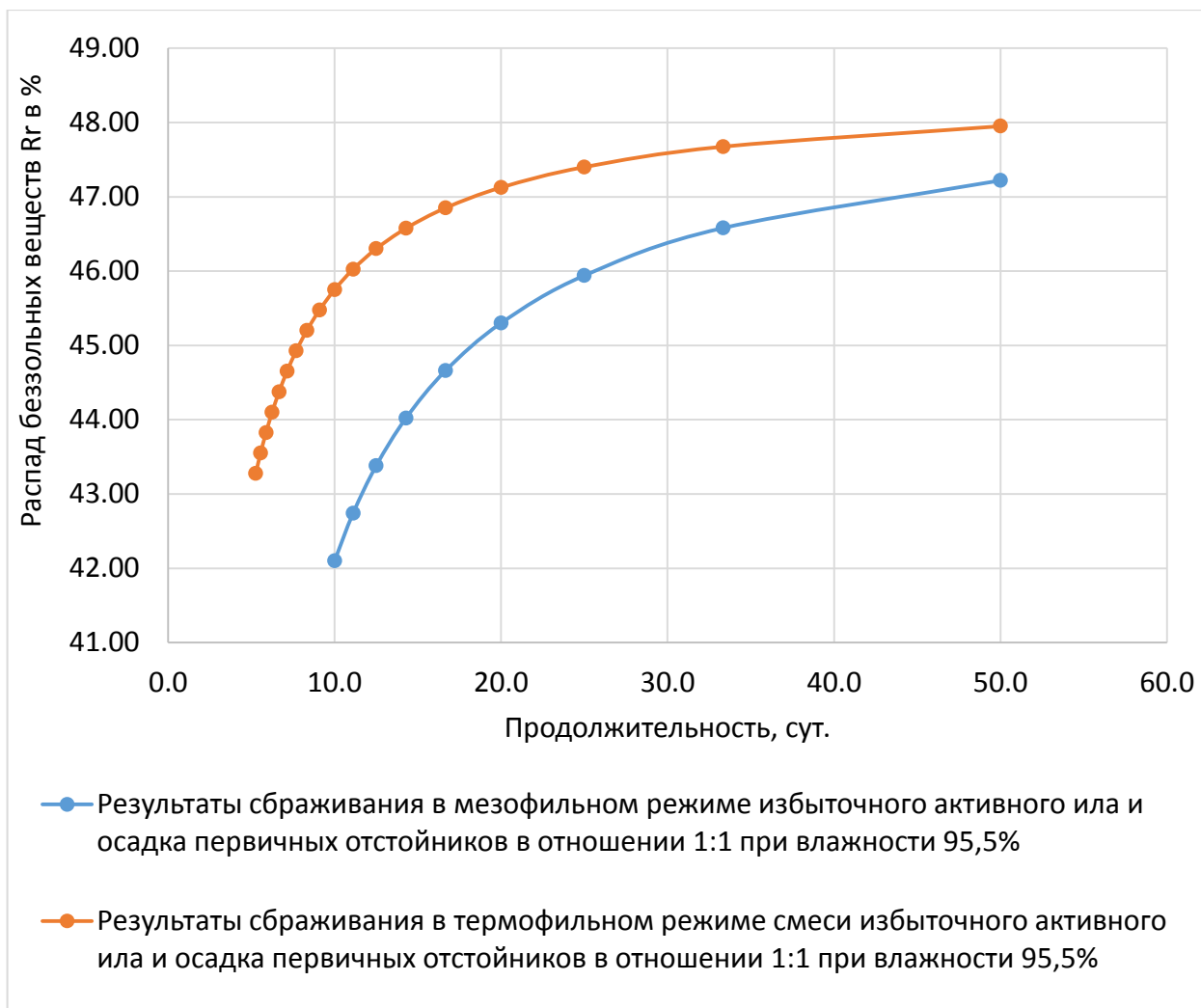


Рис. 2. Зависимость нормативного распада беззольного вещества смеси избыточного активного ила и сырого осадка от продолжительности сбраживания при мезофильном режиме

Вывод: распад беззольного вещества увеличивается в соответствии с нормативными указаниями на 2–3 %, при этом объем метантенков возрастает в 1,5–2 раза. Сбраживание осадков с малыми дозами загрузки метантенка, как показывает опыт, способствует повышению стабильности процесса.

### Библиографический список

1. Строительные нормы и правила. Нормы проектирования: СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения.- Минстрой России - М.: ГУП ЦПП, 1996 год - 141 с.
2. Свод правил: СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 М.: Минрегион России, 2012 – 106 с.
3. Воронов Ю.В. Водоотведение и очистка сточных вод / Учебник для вузов: - М.: Воронов Ю.В., Яковлев С.В. Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006 - 704 с.



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ВЫБОР ИННОВАЦИОННЫХ  
ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ  
УРАЛЬСКОГО СЫРЬЯ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ  
ВЫСОЛООБРАЗОВАНИЯ В БЕТОНЕ**

*Кудла Н. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, natalikudla@gmail.com

*Беляков В. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Рассмотрены основные причины образования высолов, ухудшающие внешний вид строительных объектов. Выбрано оптимальное содержание химических добавок в бетонной смеси и проведено экспериментальное исследование образцов бетона модифицированных этими добавками. Предложены технология и способы применения новых конкурентно-способных химических добавок для бетонов на основе техногенных отходов Уральского региона, позволяющих предупредить и предотвратить образование высолов и улучшить долговечность строительных материалов.

**Ключевые слова:** образование высолов, химические добавки, модифицированный бетон, строительные материалы

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**SELECTION OF INNOVATIVE CHEMICAL  
ADDITIVES ON THE BASIS OF URAL RAW  
MATERIALS TO REDUCE EFFLORESCENCE  
IN CONCRETE**

*Kudla N. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, natalikudla@gmail.com

*Belyakov V. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Describes the main reasons for the formation of efflorescence, which adversely affects the appearance of construction sites. The selected optimal content of chemical additives in concrete mixes and experimental study of concrete samples modified by these additives. The technology and application of new competitive chemical additives for concrete on the basis of the Ural raw materials, allowing to warn and prevent the formation of efflorescence and improve the durability of building materials.

**Key words:** efflorescence, chemical additives, modified concrete, construction and building materials/

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## Введение

Здания и сооружения в процессе строительства и эксплуатации подвергаются агрессивному воздействию окружающей среды – перепадам температур, воды и влаги, газов и аэрозолей различного химического состава и на фасадах зданий из бетона, кирпича, природного и искусственного камня, оштукатуренных и облицованных керамической плиткой, на тротуарных и фасадных бетонных плитах появляются высолы (выцветы, налет).

Высолы – это белые отложения (налет) на поверхности и внутри материала. Высолы также характерны и для цветных бетонов и растворов. Процесс высолообразования в них может происходить с осветлением оксидов пигментов, применяемых в декоративных цементах, с появлением на поверхности светлых пятен и разводов [1]. Одной из причин снижения долговечности зданий и конструкций, выполненных из бетонов, является их коррозия. Помимо снижения эксплуатационных показателей высолы приводят к ухудшению архитектурно-художественной выразительности объектов. Высолы на бетоне и кирпиче также служат причиной появления механических напряжений, от которых с течением времени конструкции начинают разрушаться.

Исследованиям природы высолообразования материалов конструкций и изделий на цементной основе и кладочных цементно-песчаных растворах посвящены работы В.В. Бабкова, В.И. Корнеева, В.П. Михайловского, А.В. Мохова, В.Ф. Степановой, Г.В. Чехний, В.В. Строковой, И.Г. Лугининой, В.И. Калашникова, П.Г. Комохова, Л.И. Холоповой, Г. Болта и др. [2-10].

Высолы могут быть двух основных типов: первичные и вторичные. Первичные высолы содержат гидроксид кальция или карбонат кальция. Они не смываются водой. Вторичные же высолы появляются в результате старения бетона.

## Причины образования высолов

Наиболее распространённой причиной появления высолов является гидролитический распад некоторых минералов портландцементного клинкера в процессе твердения с выделением значительного количества гидроксида кальция в свободное состояние. Уже в начальной стадии процесса гидратации цемента происходит быстрое взаимодействие алита с водой с образованием гидросиликата кальция и гидроксида, которое описывается следующей химической реакцией:



Белит гидратируется медленнее алита и при его взаимодействии с водой выделяется меньше  $\text{Ca(OH)}_2$ , что видно из уравнения химической реакции:



Другой причиной образования высолов являются химические добавки, которые вводят в бетонные или растворные смеси, для придания им специальных свойств, например, противоморозные соли [2, 3].

Источниками высолов также могут быть и минеральные соли, поступающие с грунтовыми водами при поврежденной или некачественно выполненной изоляции железобетонных или бетонных изделий и конструкций.

Растворимые вещества в исходных материалах тоже являются причиной появления высолов. Горные породы, используемые при изготовлении заполнителей, могут содержать соли, которые в процессе эксплуатации вымываются водой с образованием белых отложений на поверхности [3].

Дополнительные увлажнения изделий в процессе эксплуатации, а также температурно-влажностные условия эксплуатации, при которых происходит испарение влаги, тоже являются причиной высолообразования.

### **Способы снижения высолообразования**

На кафедре «Материаловедение в строительстве» Института новых материалов и технологий УрФУ совместно с компанией ООО «ПОЛИПЛАСТ – УралСиб» в рамках поисковой научно-исследовательской работы проводятся экспериментальные исследования новых химических добавок «ПОЛИПЛАСТ ТАРГЕТ» и «ПОЛИПЛАСТ ГФ» [4]. Выполняется оценка добавок на предмет их возможной эффективности для снижения высолообразования в бетонах.

Методика проведения исследования влияния добавок была принятой близкой к методике, приведенной в ГОСТ 30459-2003. Были изготовлены бетонные образцы в форме пластин размерами 160x160x40 мм основного контрольного состава (бездобавочный состав), а также образцы с добавками «ПОЛИПЛАСТ ТАРГЕТ» и «ПОЛИПЛАСТ ГФ», из растворной смеси (цемент – песок) состава 1:4 с маркой по подвижности  $P_{к2}$ .

После твердения в нормальных лабораторных условиях в течение 28 суток образцы были погружены в дистиллированную воду на глубину 3 см на 7 суток.

По истечении 7 суток образцы были извлечены и визуально определялось наличие высолов на поверхности образцов.

На рис. 1 можно наблюдать первичные высолы, образовавшиеся благодаря выносу на поверхность образца гидроксидов кальция и магния. Поверхность образца более рыхлая.



Рис. 1. Состояние боковой поверхности контрольного (бездобавочного) образца бетона

На рис. 2 представлен образец с химической добавкой «ПОЛИПЛАСТ ТАРГЕТ», введенной в бетонную смесь в количестве 1,15 % от массы цемента.

Инновационная добавка к бетону «ПОЛИПЛАСТ ТАРГЕТ» – это суперпластификатор нового поколения на основе эфиров поликарбоксилатов

В нижней зоне пластин наблюдаются обильные высолы, связанные с введением добавки. Бетонные образцы с данной добавкой полностью были насыщены водой.



Рис. 2. Состояние боковой поверхности образца бетона, модифицированного добавкой «ПОЛИПЛАСТ ТАРГЕТ»

На рис. 3 показан образец с добавкой «ПОЛИПЛАСТ ГФ», введенной в бетонную смесь в количестве 0,3 % от массы цемента. Высолы на поверхности не наблюдаются. Поверхность образца более гладкая.

По данным паспорта на добавку предприятия-производителя, «ПОЛИПЛАСТ ГФ» – водная эмульсия на основе органических соединений кремния.





Рис. 3. Состояние боковой поверхности образца бетона, модифицированного химической добавкой «ПОЛИПЛАСТ ГФ»

На рис. 4 мы наблюдаем гидрофобные свойства образца с добавкой «ПОЛИПЛАСТ ГФ». Установлено, что данная химическая добавка снижает капиллярный подсос воды.



Рис. 4. Состояние боковой поверхности образца бетона, модифицированного химической добавкой «ПОЛИПЛАСТ ГФ»

### **Выводы**

Установлено, что наилучшие показатели по снижению образования высолов на поверхности тяжелого бетона показала химическая добавка «ПОЛИПЛАСТ ГФ». Добавка «ПОЛИПЛАСТ ТАРГЕТ» на данном этапе исследования не показала удовлетворительных результатов по снижению высолообразования. Следует отметить, что данные добавки изначально не позиционировались предприятием производителем, как средства для

уменьшения появления высолов. В дальнейшем изучение химических добавок «ПОЛИПЛАСТ ТАРГЕТ» и «ПОЛИПЛАСТ ГФ», на предмет их эффективности для снижения высолообразования в бетонах, в испытательной лаборатории кафедры «Материаловедение в строительстве» ИНМт УрФУ, продолжится.

На основании полученных предварительных результатов предложено расширить спектр исследуемых химических добавок данного производителя и опробовать изменение способа их введения в структуру бетона. Следующим этапом работ планируется исследование механизма действия выбранной оптимальной химической добавки либо состава для уменьшения высолов. Будут построены диаграммы и графики зависимостей технологических характеристик бетонных смесей, модифицированных химическими добавками.

### Библиографический список

1. Строительные материалы / Хигерович М. И. и др. М: Изд-во лит-ры по стр-ву, 1970. - 367 с.
2. Бабков В.В., Гафурова Э. А., Резвов О.А., Мохов А.В. Проблемы высолообразования наружных стен зданий на основе вибропрессованных бетонных блоков и способы защиты стен от высолов / В.В. Бабков, Э.А. Гафурова, О.А. Резвов, А.В. Мохов Инженерно-строительный журнал. 2012. № 7. - С. 14–22.
3. Высолообразование в конструкциях строительных объектов / Михайловский В.П., Прокопец В.С., Вестник СибАДИ. 2011. Вып. 4 (22). С. 30–35.
4. Кудла Н.В., Беляков В.А. Эффективные способы снижения высолообразования в бетоне / Н.В. Кудла, В.А. Беляков // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: материалы Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием. Екатеринбург: УрФУ, 2016. – С. 365-367.
5. Мохов А.В. Цикличность и способы блокировки процессов высолообразования на поверхностях наружных стен зданий на основе вибропрессованных бетонных блоков //Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук.- Уфа, 2010. - 24 с.
6. Рекомендации по предотвращению высолообразования на поверхности кладок из вибропрессованных бетонных блоков / В.В. Бабков, А.Е. Чуйкин, Г.Ф. Разумова и др. //БашНИИстрой.- Уфа.- 1997.- 22 с.
7. Сыркин М.Я. Исследование и разработка декоративного цемента с повышенной стойкостью к высолообразованиям / М.Я. Сыркин //Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук.- Л., 1982.- 24 с.
8. Холопова Л.И. К вопросу высолообразования на поверхности фактур из отделочных растворов и бетонов /Л.И. Холопова, М.А. Махотин // Строительные материалы из попутных продуктов промышленности.- Л., 1980. - С. 123-128.
9. Чехний Г.В. Высолы. Как с ними бороться? / Г.В. Чехний // Строительная газета. – 2006. – №19. – С. 6.
10. Bolte G., Dienemann W. Efflorescence on concrete products - causes and strategies for avoidance./ ZKG International, № 9, 2004 (volume 57), s.78-86.



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

## **ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ СТЕРЖНЕВЫХ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ**

*Лавров Н. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, lavrov\_n\_a@mail.ru

*Беляева З. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, belyaeva-zv@yandex.ru

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются проблемы, способы определения и сравнения экономической эффективности пространственных стержневых металлических конструкций, структур. Приводятся доводы актуальности таких расчетов и применения металлических структур в современных условиях. Рассматриваются основные нормативные документы, включающие подобные расчеты, проведен обзор литературы по данной тематике. Акцентируется внимание на высокой сложности и объемности этих расчетов. Представлены математическая модель и перспективный расчетный комплекс по определению наиболее экономически эффективных структурных плит, с не обязательно плоскими, но и с криволинейными по очертанию поясов конструкции. Приводятся выводы по проведенной работе в сфере поиска оптимальных решений задачи определения и сравнения экономической эффективности применения пространственных стержневых металлических конструкций.

**Ключевые слова:** пространственная стержневая металлическая конструкция, структура, экономическая эффективность, сложность расчетов, математическая модель, программный комплекс.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **THE ECONOMIC EFFICIENCY OF THE SPATIAL ROD METAL STRUCTURES**

*Lavrov N. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, lavrov\_n\_a@mail.ru

*Belyaeva Z. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, belyaeva-zv@yandex.ru

**Abstract.** This article raises the problems, methods of determining and comparing the economic efficiency of spatial bar-shaped metal structures. Argues the relevance of such calculations and the use of metal structures in modern conditions are presented. The main normative documents, including such calculations, literature on this subject are reviewed. Attention is focused on the high complexity and volume of these calculations. A mathematical model and a perspective calculation complex for determining the most cost-effective structural plates are presented, with not necessarily flat, but also curvilinear contours of the construction belts. Conclusions are given on the work done in the search for optimal solutions for the problem of determining and comparing the economic efficiency of the application of spatial bar-shaped metal structures.

**Key words:** Spatial bar-shaped metal structure, structure, economic efficiency, calculation complexity, mathematical model, software complex.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Нарастающие темпы и уровень развития строительства в труднодоступных районах нашей страны ставят задачи удобства транспортирования конструкций и их монтажа. Из-за трудности доставки в места строительства появляются ограничения по размеру и массе изготавливаемых на заводах конструкций. С некоторыми отдаленными районами нет железнодорожного сообщения, а иногда и автомобильного, в этом случае доставка конструкций возможна по воздуху. Так же может сказаться отсутствие в районе строительства тяжелой строительной техники (кранов с высокой грузоподъемностью) или невозможность ее применения из-за слишком высокой стоимости, что не позволит осуществлять монтаж тяжелых элементов конструкций, например, колонн или большепролетных ферм.

Все эти задачи можно решить, используя пространственные стержневые металлические конструкции (ПСМК), называемые иначе – структуры [1, 2].

Как показал анализ мировой практики, такие системы получили наибольшее развитие, поскольку в их основу положен принцип максимальной деконцентрации материала [2].

В отличие от существующих методов строительства, основанных на типизации крупных строительных конструкций (колонн, балок, ферм и т.д.) или зданий в целом, объектами типизации в данных системах являются стержень и узловой элемент, оптимизированные по массе и несущей способности, типизированные по геометрическим размерам исходных элементов (стержней, узловых элементов, соединений). Как итог, отправочные марки таких конструкций, зачастую представляющие собой только стержни и узловые элементы, не предоставляют трудностей для транспортировки, в том числе и воздушным транспортом, обладают сравнительно небольшими размерами и низкой массой.

Техническая идея структур:

- создание металлических конструкций с максимальной унификацией элементов заводского изготовления;
- простота сборки на строительной площадке;
- малый вес основных элементов;
- пространственная работа;
- отсутствие элементов, отказ которых может приводить к обрушению или прогрессирующему разрушению [2].

В основу разработки систем пространственных стержневых металлических конструкций были положены следующие основополагающие архитектурно-конструктивные предпосылки: единый унифицированный сортамент элементов с максимальными композиционными возможностями; использование оптимальных по форме малодефицитных профилей проката; применение высокопрочных сталей, высокая индустриализация

производства, основанная на использовании высокопроизводительного автоматического оборудования, литья, штамповки и т.п.; компактность элементов системы и возможности их транспортировки любым видом транспорта; высокая надежность, быстрота сборки и монтажа элементов, включая конвейерную сборку и крупноблочный монтаж; широкие возможности объемно-пространственной композиции.

Экономическая эффективность применения структур напрямую зависит от рационального выбора конструктивной формы такой конструкции.

Наиболее рациональными конструктивными формами принято считать те, которые, обладая технологичностью изготовления и низкой материалоемкостью, обеспечивают возможность широкой унификации элементов конструкций, позволяют организовывать поточное производство ограниченной номенклатуры однотипных элементов, из которых можно создавать самые разнообразные плоские и пространственные конструкции или здания в целом с высокими архитектурно-эстетическими свойствами.

Известно, что главные недостатки структурных конструкций – это сложность расчета, повышенный расход стали из-за наличия лишних элементов и максимальной унификации сечений, а также сложность изготовления и расчета узловых соединений.

Главная задача оптимального проектирования – снижение расхода стали на изготовление структур [3]. Снижения расхода стали можно добиться путем определения оптимальной схемы структурной конструкции, подбора оптимальных сечений всех элементов, исходя из действительной нагрузки на них. Как следствие, можно выделить ряд задач, требующих решения при оптимальном проектировании пространственных стержневых конструкций:

- рациональное проектирование – оптимизация стержневых систем (первые подходящие результаты появлялись уже у Галилея (1638 г.), Лагранжа (1770-1773 г.г.), а так же значительные результаты получили Шухов В.Г., Рабинович И.М., Ложкин Б.Г., Трофимов В.И. [6], Ольков Я.И., Комаров А.А. и др.);
- уточнение расчетов – развитие методов расчета структурных конструкций (этой задачей занимались такие ученые и инженеры как: Р. Ле Риколе, И. Фридман, Р.Б. Фуллер, Ионов Ю.И. Хисамов Р.И. [4], Клячин А.З. [5], Ольков В.Н. и др.);
- минимизация массы структуры (это вопрос рассматривается в работах Муханова К.К., Демидова Н.Н., Трофимовича В.В. и др.);
- определение оптимальных размеров схемы конструкции (этой задачей занимались Хисамов Р.И. [4], Клячин А.З. [5] и др.).

Существующие рекомендации по проектированию [1] предлагают оценивать экономическую эффективность структурных конструкций на стадии проектирования с помощью системы технико-экономических показателей.

Как написано в [1], «действующая система укрупненных нормативов для оценки экономической эффективности структурной конструкции на стадии вариантного проектирования не позволяет учесть влияния конструктивных особенностей на стоимость и трудоемкость. Между тем многообразие стержневых схем и узловых соединений структурных конструкций приводит к тому, что определенное влияние на технико-экономические показатели оказывают конструктивное оформление и компоновочное решение. Вследствие этого на стадии вариантного проектирования рекомендуется использовать методику оценки экономической эффективности с учетом конкретных компоновочных схем и узловых соединений». При этом одним из показателей является масса пространственной стержневой конструкции. Сравнивая полученные значения масс в различных вариантах конструкций и учитывая другие показатели экономической эффективности, можно сделать вывод о пригодности того или иного проектного решения.

При вариантном проектировании массу структурной конструкции  $m$  рекомендуется определять с помощью строительного коэффициента [1]:

$$m = \psi_m m_s, \quad (1)$$

где  $\psi_m = 1 + m_u/m_s$  – строительный коэффициент массы;  $m_s$  – масса стержневых элементов;  $m_u$  – масса вспомогательных элементов (узлы, опорные детали, болты и т.д.).

Значения строительного коэффициента массы для структур рекомендуется вычислять по формуле [1]:

$$\psi_m = 1 + \frac{u_i m_{uf}}{m_{sf}}, \quad (2)$$

где  $u_i$  – количество узлов в ячейке структурной конструкции;  $m_{uf}$  – масса узлов в ячейке;  $m_{sf}$  – масса стержневых элементов ячейки.

Строительные коэффициенты  $\psi_m$  для некоторых, наиболее распространенных типов структурных конструкций приведены в табл. 1 [1].

Второй технико-экономический показатель, который рекомендуется принимать во внимание, это трудоемкость изготовления структурных конструкций.

Трудоемкость изготовления стержней зависит от величины и количества параметров, характеризующих конструктивное решение структуры, технологические особенности ее изготовления и определяется по формуле вида [1]:

$$t = 0,73 + 0,0104 X_1 + 0,071 X_2 + 0,0024 X_3 - 0,067 X_4 + 0,013 X_5 - 1,54 X_6 - 0,38 X_7 + 0,00054 X_8 \quad (3)$$

где  $X_1$  – расчетное сопротивление стали, кН/м<sup>2</sup>;  $X_2$  – расчетная нагрузка, кН/м<sup>2</sup>;  $X_3$  – масса элемента, кг;  $X_4$  – длина элемента, м;  $X_5$  – характерный геометрический размер сечения элемента, мм;  $X_6$  – форма поперечного сечения (уголок, швеллер – 0,75; труба – 0,5);  $X_7$  – характер технологической обработки (резка абразивом – 0,1; раскрой-сплющивание – 0,2; сборка-сварка – 0,4; прокол отверстий – 0,25);  $X_8$  – длина сварных швов, мм.

Таблица 1

## Значения строительного коэффициента

Тип узлового соединения	$\Psi_m$
на ванной сварке	$1 + 0,6 \cdot 10^{-3} \alpha_w q n^2$ $1 + 1,6 \cdot 10^{-3} \alpha_w q n^2$
структуры из прокатных профилей	1,18
«МЭРО» – «МАРХИ»	$1 + 9,55 \cdot 10^{-3} (\alpha_w q n^2)^{1/2} + \frac{0,095}{n \sqrt{\alpha_w q}} + 0,13 \cdot 10^{-2} \alpha_w q n^2$
на шаровых фасонках	1,052 1,121
на штампованных фасонках	$1,071 + 0,022 n \sqrt{\alpha_w q}$

Трудоемкость изготовления узловых деталей, требующих механической обработки, рекомендуется определять по формуле: [1]

$$t_u = k_f \sqrt[3]{m_u^2}, \quad (4)$$

где  $k_f$  – коэффициент, учитывающий сложность формы детали, принимаемый по табл. 2;  $m_u$  – масса узловой детали.

Таблица 2

## Значение коэффициента, учитывающего сложность формы детали

Класс конструкции	I	II	III	IV
$k_f$	0	0,125	0,228	0,341

Типизация элементов структурных конструкций приводит к укрупнению партий одновременно выпускаемых конструкций и к сокращению трудозатрат. Влияние типизации на общую трудоемкость в зависимости от величины обрабатываемой партии учитывается коэффициентом серийности: [1]

$$T_s = k_s T, \quad (5)$$

где  $k_s$  – коэффициент серийности;  $T$  – время, затрачиваемое на основных расчетных операциях.

Снижая общую трудоемкость за счет серийности, типизация, с другой стороны, приводит к утяжелению конструктивных элементов и в связи с этим к увеличению трудоемкости изготовления. Поэтому при выборе решения на стадии вариантного проектирования рекомендуется назначать количество типов  $t$  из условия: [1]

$$\Delta C = \Delta C_{0m} + \Delta C_t = \min, \quad (6)$$

где  $\Delta C_{0m}$  – перерасход материала при изменении количества типов сечений с  $t$  до  $t_0$ ;  $\Delta C_t$  – экономия трудозатрат на изготовление за счет типизации.

Размеры регулярной ячейки поясной сетки структурной плиты и ее высота являются одними из главных параметров, влияющих на экономичность проектного решения. Их следует выбирать с помощью оптимизационного расчета.

В простейшем своем виде оптимизационный расчет представляет собой поиск решения полным перебором значений ряда параметров, диктуемых исходными данными. Исходные данные для такого расчета определяются типом конструктивной системы и конкретными условиями проектирования.

Характеристиками конструктивной системы пространственной стержневой конструкции являются: форма кристалла структурной плиты (самые простые – тетраэдр, октаэдр и т.д.), сечения применяемых профилей (прокатные, трубы и т.д.), конструкции узлов структуры, членение на отправочные марки, тип кровельных конструкций и способ и место их опирания.

Заданные условия проектирования должны включать: генеральные размеры покрытия (секции, блока) в плане; схему опирания плиты (по контуру, в отдельных точках, наличие консолей); расчетную нагрузку в виде эквивалентной равномерно распределенной; характеристики материала и сортамента профилей для стержневых элементов структуры; параметры перекрываемых помещений.

Результатами оптимизационного расчета являются: размеры ячейки поясной сетки и высота плиты (размеры кристалла структуры), обеспечивающие наилучшее качество проекта; экономические показатели конструкции, соответствующие оптимуму; оценки потерь затрат, возникающих в реальном проекте при отклонении от оптимальных размеров.

Как следует из вышесказанного, такой оптимизационный расчет представляет из себя большую систему параметров с очень широкой вариативностью. Поэтому решение такой системы вручную без упрощений невозможно. При проектировании в таких случаях заранее вводится ряд ограничений, например, выбрана схема конструкции и условия опирания структуры, а варьируются отдельные геометрические параметры схемы, такие как высота структуры и размеры ее ячейки. В ходе решения в этом случае определяется экономически



эффективный вариант. Ввод таких ограничений, очевидно, не лучшим образом влияет на общую экономическую эффективность конструкции. Но наличие результатов – полученных к настоящему времени исследователями таблиц, графиков, коэффициентов, выведенных путем сложных расчетов или экспериментов, позволяет несколько упростить решение, оно все равно будет содержать множество упрощений и допущений.

В итоге, чтобы добиться наибольшей экономической эффективности при проектировании конструкций, нужно более полно исследовать систему со всеми параметрами, используя возможности ЭВМ. Поэтому особое внимание стоит уделять трудам, где рассматривается решение подобных задач с применением электронной вычислительной техники. Большой интерес вызывает диссертационная работа Алпатова В.Ю. «Оптимальное проектирование металлических структур» [3]. Автор поставил задачу оптимального проектирования структурных конструкций, обладающих плоским или криволинейным очертанием поясов. В качестве критерия эффективности конструкции принят минимум массы, определяемый с учетом расхода материала на узловые и вспомогательные элементы, аналогично [1].

Целевая функция такой задачи записывается в виде:

$$M = (\gamma \cdot \sum_{i=1}^n F_i \cdot l_i) \cdot \varphi_v \quad (7)$$

где  $n$  – количество стержней в структуре,  $\gamma$  – удельный вес материала конструкции,  $F_i$  – площадь поперечного сечения  $i$ -го стержня,  $l_i$  – длина  $i$ -го стержня,  $\varphi_v$  – строительный коэффициент, учитывающий расход материала на узлы конструкции.

На целевую функцию накладываются ограничения в виде строгих и нестрогих неравенств, исходя из следующих соображений:

- физические ограничения согласно действующим нормативным документам [7]: прочность растянутых стержней, устойчивость сжатых стержней;
- геометрические ограничения – условия совместности деформаций (матрицы жесткости);
- ограничения по жесткости – ограничение максимального прогиба характерных узлов конструкции–
- конструктивные ограничения – ограничения на пределы изменения геометрических параметров конструкции: ограничение минимального количества узлов в поясных сетках структуры – не допускает вырождения структурной конструкции в плоскую, ограничение минимальной длины элементов – не допускает вырождения в стержни нулевой длины и включает конструктивные требования, например минимальная длина стержня для наложения сварных швов и расстояний между ними, ограничения на максимальную

величину стрелы подъема поясных сеток, ограничение высоты конструкции на опоре, ограничение на недопущение пересечения верхнего и нижнего поясов структуры, ограничение на вырождение стержней по площади поперечного сечения.

Задача, записанная в таком виде, чрезвычайно сложна. Ее решение имеет дискретный характер. И решение подобной задачи невозможно существующими аналитическими методами, а только численными методами. Но получить решение этой задачи напрямую, путем простой попытки вычисления приведенных уравнений и неравенств, не представляется возможным.

В представленной работе для успешного решения такой задачи построена математическая модель поиска рациональных схем пространственных стержневых конструкций покрытий, квадратных или прямоугольных в плане, основанная на принципе декомпозиции задачи оптимального проектирования конструкций с разбиением ее на две задачи:

- определение рациональной геометрии конструкции;
- определение оптимального распределения материала в конструкции с известной геометрией.

Также немаловажно и представляет большой интерес, что в работе разработана методика поиска рациональных схем пространственных стержневых конструкций покрытий прямоугольных или квадратных в плане, обладающих прямолинейными, либо криволинейными очертанием поясов. Разработанный в работе эффективный алгоритм поиска оптимальной геометрической формы пространственных стержневых конструкций типа структур использует метод последовательных перерасчетов и имеет быструю сходимость к глобальному минимуму функции цели. На базе полученного алгоритма создан новый программный комплекс оптимального проектирования структурных конструкций. На рис. 1 представлена блок-схема этого программного комплекса.

Комплекс основан на декомпозиции процесса проектирования на отдельные этапы:

- изменение геометрии конструкции,
- определение напряженно-деформированного состояния элементов конструкции,
- определение рационального распределения материала в конструкции,
- оценка эффективности конструкции.

Полученный программный комплекс находит оптимальную схему конструкции, но совсем не учитывает технологические затраты на изготовление таких конструкций и их монтаж, представляющих достаточную сложность в виду кривизны поясов структуры, а так же обязательно возникающие вследствие этого неточности монтажа.

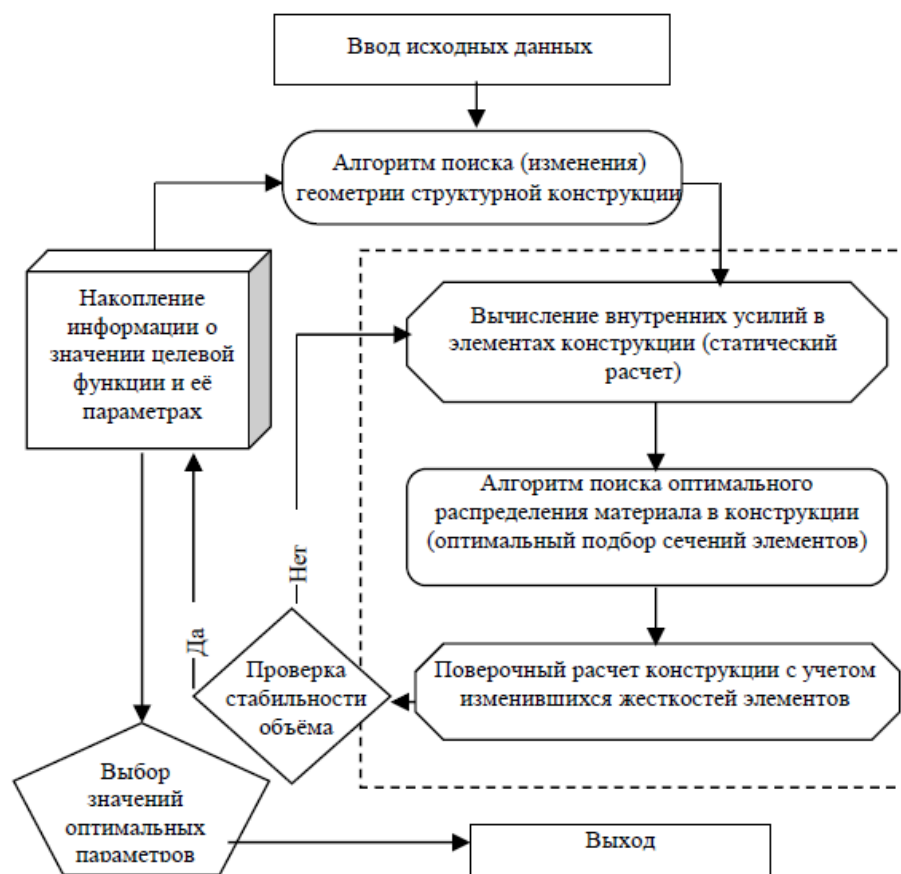


Рис. 1. Блок-схема программного комплекса [3]

Таким образом, структурные конструкции позволяют создавать различные композиции пространственных каркасов на разных планах, используя при этом ограниченный набор унифицированных стержневых и узловых элементов полной заводской готовности. Основные области применения структурных пространственных конструкций – сложные по форме и большие по пролетам пространственные покрытия общественных и промышленных зданий, где другие конструкции неприемлемы или неэкономичны. Экономическая эффективность структур существенно зависит от технологичности конструктивной формы и наличия высокопроизводительной базы. Однозначного решения, как производить оптимизацию структур и определять ее экономическую эффективность, на данный момент не найдено и данная задача представляет в настоящее время широкое поле для исследований и экспериментов.

### Библиографический список

1. Рекомендации по проектированию структурных конструкций / ЦНИИСК им. Кучеренко Госстроя СССР - Москва, 1984 г. – 416 с.
2. Михайлов В.В. Пространственные стержневые конструкции покрытий (структуры) / Михайлов В.В., Сергеев М.С. – Владимир: ВлГУ, 2011 г. – 56 с.
3. Алпатов В.Ю. Оптимальное проектирование металлических структур: диссертация на соискание уч. степ. канд. техн. наук (05.23.01) / Алпатов В.Ю., г. Самара 2002 г. – 260 с.

4. Хисамов Р.И. Расчет и конструирование структурных конструкций / Хисамов Р.И. – Киев: БУДІВЕЛЬНИК, 1981 г. – 46 с.
5. Клячин А.З. Металлические решетчатые пространственные конструкции / Клячин А.З. – Екатеринбург: Диамант, 1994 г. – 260 с.
6. Трофимов В.И. Легкие металлические конструкции зданий и сооружений / Трофимов В.И., Каминский А.М. – 571 с.
7. Свод правил: СП 16.13330.2011 Стальные конструкции. Актуализированная редакция СНиП II-23-81\* - Москва, 2011 г. – 171 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ  
МОБИЛЬНЫХ УСТАНОВОК ДЛЯ  
СЖИЖЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В  
РОССИЙСКИХ РЕГИОНАХ**

*Микула Е. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, akulamukula@gmail.com

*Колпакова Н. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, n.v.kolpakova@urfu.ru

**Аннотация.** В данной статье показаны преимущества сжигания газообразного топлива относительно других видов топлива, возможность транспортировки и хранения природного газа в сжиженном состоянии. Проанализирован цикл с однократным дросселированием, предложены способы увеличения его эффективности. В работе предложены методы снижения стоимости сжиженного природного газа на примере Московского газоперерабатывающего завода.

**Ключевые слова:** сжиженный природный газ, криогенная жидкость, давление, эффективность.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**EFFECTIVENESS OF APPLICATION OF  
MOBILE PLANTS FOR LIQUEFITION OF  
NATURAL GAS IN THE REGIONS OF RUSSIA**

*Mikula E. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, akulamukula@gmail.com

*Kolpakova N. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, n.v.kolpakova@urfu.ru

**Abstract.** This article shows the advantages of burning gaseous fuels relative to other fuels, the ability to transport and store natural gas in a liquefied state. The cycle with a single throttling has been analyzed, and ways of increasing its efficiency have been proposed. The paper suggests methods of reducing the cost of liquefied natural gas by the example of the Moscow gas processing plant.

**Key words:** liquefied natural gas, cryogenic liquid, pressure, efficiency.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Сжиженный природный газ является самым экологически чистым видом топлива, так как после его сжигания продукты горения содержат минимальное количество вредных веществ, таких как окись углерода – CO и сероводород – H<sub>2</sub>S. Благодаря этому теплогенерирующие установки, работающие на природном газе, имеют максимальный КПД.

В большинстве случаев транспорт газа к потребителям по территории России осуществляется по трубопроводам, но в нашей стране есть регионы к которым нет возможности поставить газ подобным образом в силу разных причин (например: район слишком удален от места добычи газа и магистрального газопровода или нет возможности прокладки трубопроводов из-за сложных гидрогеологических условий территории и т.д.).

Причин, по которым использование сжиженного природного газа пока не приняло массовый характер, несколько:

- первая и самая главная – дороговизна оборудования, которое должно стабильно и надежно работать при очень низких температурах и высоком давлении;
- вторая – высокие эксплуатационные расходы, связанные с необходимостью повышенного контроля за криогенным оборудованием;
- третья – круг решений, связанных с исключительным применением сжиженного природного газа, пока сравнительно невелик, и большинство потребителей предпочитает обходиться уже апробированными способами автономного и резервного топливообеспечения, то есть использовать мазут, дизельное топливо или пропан-бутановые смеси.

И все же перейти на СПГ в массовом порядке придется: запасы легкодоступных углеводородов тают с каждым днем.

Преимущества СПГ как вида топлива:

- сжижение природного газа увеличивает его плотность в 600 раз, что повышает эффективность и удобство хранения, а также транспортировки и потребления энергоносителя (в том числе и как моторного топлива для транспортных средств);
- СПГ – криогенная жидкость, которая хранится под небольшим избыточным давлением при температуре около 112 К (–161°C) в емкости с теплоизоляцией, и нетоксична;
- СПГ дает возможность газификации объектов, удаленных от магистральных трубопроводов на значительные расстояния, что, помимо всего прочего, например, позволяет также вовлекать в сельскохозяйственный оборот глубинные (удаленные) территории;
- СПГ имеет высокую теплоту сгорания;



- при использовании СПГ в качестве топлива обеспечивается полное сгорание газа, отсутствие серы, что значительно удлиняет срок службы теплогенерирующего агрегата и значительно повышает его КПД.

При замене других видов топлива и при решении экологических проблем - низкое содержание вредных веществ в продуктах сгорания, которое в несколько раз ниже по сравнению с жидкими и твердыми ископаемыми топливами, что позволяет резко снизить вред, наносимый окружающей среде.

Процесс сжижения природного газа связан с использованием криогенных технологий, которые являются высоко затратными. На сегодняшний день, для решения этой задачи наиболее эффективными являются использование малых и средних установок по сжижению природного газа.

Для решения первоочередных задач по внедрению СПГ в различные отрасли хозяйства РФ, с учетом его многоцелевого использования, был проведен анализ возможных схем и выполнены проектные разработки установок сжижения малой и средней производительности, которые показали, что можно ограничиться установками двух типов:

- производительностью от 0,8 до 1 т/час;
- производительностью от 10 до 12 т/час.

Цикл с однократным дросселированием, основанный только на эффекте Джоуля-Томпсона, см. рис. 1 [1].

Анализ этого простейшего цикла показывает, что выход жидкости и термодинамический КПД  $\eta$  цикла растут с повышением давления сжатия и снижением удельной работы сжижения  $N_d$ .

Это важное обстоятельство связано с увеличением «дельта» при повышении давления. Однако при давлении выше 20 МПа темп снижения энергетических затрат цикла уменьшается и при этом существенно растут затраты на оборудование и эксплуатацию, поэтому давление 20–22 МПа для этого цикла можно считать предельным. Следует иметь в виду, что дроссель-эффект у природного газа значительно выше, чем воздуха. Наличие в нем тяжелых углеводородных фракций только увеличивает это различие, а наличие азота снижает его незначительно. Следует учитывать также, что потери при дросселировании, обусловленные неравновесным характером теплообмена, непосредственно связаны с потерями в регенеративном теплообменнике.

Цикл, изображенный на рисунке выше, малоэффективен. Коэффициент сжижения газа практически составляет 12–15 %, удельная работа сжижения 1,5–2 кВт ч/кг. Анализ термодинамических потерь в этом цикле показывает, что основная их доля падает на

неизотермичность процесса сжатия в компрессоре и на необратимость в процессе дросселирования.

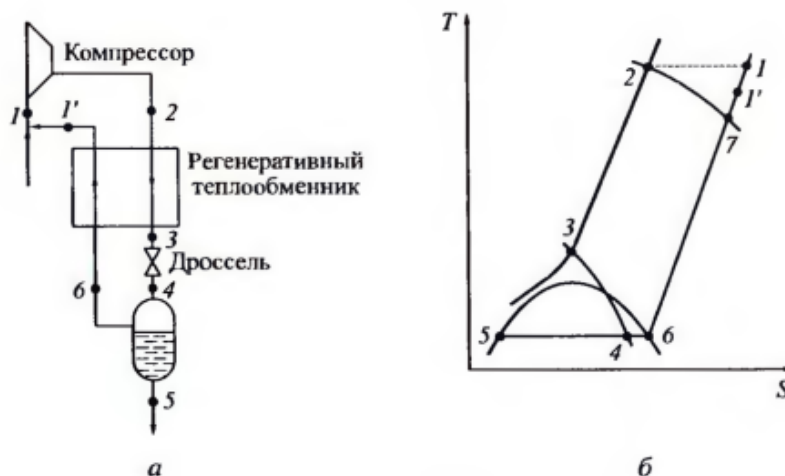


Рис. 1 Цикл с однократным дросселированием: а – схема цикла; б – отображение в T-S диаграмме происходящих в нем процессов;

процесс 1–2 – изотермическое сжатие; процесс 2–7 – адиабатическое сжатие; процесс 2–3 – охлаждение; процесс 3–4 – дросселирование; 4–6 – количество жидкости, %; процесс 6–7 – нагрев газа [1]

Для увеличения процента выхода жидкости в цикле ее получают практически при давлении 6 атм. Получая жидкость при давлении, близком к атмосферному (с целью увеличения возможностей использования), необходимо дополнительно сжимать «отбросной» газ до давления 0,3–0,4 МПа для сброса его в газораспределительную сеть. Показатели цикла могут быть улучшены несколькими способами:

- повышением давления природного газа на входе в установку;
- предварительным охлаждением природного газа внешним холодильным агентом;
- многоступенчатым дросселированием и обеспечением циркуляции потоков при промежуточных давлениях.

При использовании в дроссельных циклах предварительного охлаждения природного газа до температуры  $-30$ – $-40^{\circ}\text{C}$  при помощи пропановой или фреоновой парокомпрессионной холодильной установки можно увеличить коэффициент сжижения до 35 %, а удельную работу сжижения снизить с 2 до 0,8–0,7 кВт ч/кг. Недостатком схемы является большое количество несжиженного природного газа 65 % с давлением, близким к атмосферному, который для направления в газораспределительную сеть должен быть дополнительно сжат до давления 0,3–0,4 МПа.

В настоящее время за рубежом детандерные холодильные циклы нашли применение в основном в установках покрытия пиковых нагрузок газопотребления. Особенно эффективны детандерные циклы, работающие по принципу использования перепада между давлениями в газопроводе и в газораспределительной сети на ГРС. В этом случае используется «даровая» энергия дросселирования газа, получающаяся за счет сброса давления магистрального трубопровода до рабочего (0,3–0,4 МПа) в сети [1].

Детандер используется для повышения эффективности установки. При этом чем выше давление природного газа на входе в ожижитель, тем эффективнее цикл. Однако следует учитывать, что эффективность детандеров повышается, если они надежно работают в области влажного пара, содержащего до 20–25 % жидкой фазы. В настоящее время отечественными исследователями ведутся работы в этом направлении [1].

Расчеты показывают, что при давлении газа на входе в установку, равном 3,5 МПа (минимальное в магистральном трубопроводе), сжижаемая доля газа составляет 15–17 % при больших поверхностях теплообменников Т и Т2 ввиду того, что теплопередача лимитируется обратным потоком. При меньшем давлении коэффициент сжижения снижается, а доля не сжиженного газа увеличивается. Ввиду низкого давления газа за детандером (0,15–0,2 МПа) для выдачи в сеть его необходимо сжать, используя дожимающий компрессор К, смонтированный на одном валу с детандером (ДКА), т. е. детандер является приводом компрессора.

Достоинством этого цикла является простота схемы, гибкость регулирования, а также возможность использовать в качестве рабочего тела природный газ, что исключает затраты на производство, транспорт и хранение специальных хладагентов. Недостатком является необходимость очистки всего газа, идущего на сжижение (а не только сжиженного). Принципиально, что на ГРС для получения СПГ может быть использован «холод», образующийся при сбросе давления до 0,6–0,4 кПа при подаче газа из магистрального трубопровода потребителям, величина которого зависит в каждом конкретном случае от потребления, колеблющегося в зависимости от времени года. Кроме того, потребуются введение в схему дополнительного теплообменника или создание взамен теплообменника Т, трехпоточного сложного теплообменника. При небольших преимуществах все это усложняет схему и приводит к нестабильной работе, что для серийных установок недопустимо.

При давлении газа на входе, равном 5 МПа, энергетические затраты этих установок составляют 0,6–0,7 кВт-ч/кг СПГ.

Большой эффект снижения энергозатрат и увеличение процента выхода жидкости перерабатываемого газа до 7–8 МПа можно обеспечить предварительным охлаждением потока, направляемого в детандер, с помощью парокompрессионной холодильной установки.

Ограничивающим фактором здесь служит температура начала конденсации детандерного потока. За рубежом уже разработаны и успешно эксплуатируются в промышленности турбодетандеры на природном газе высокого давления (до 15 МПа), допускающие конденсацию 20 % весового количества потока непосредственно в машине. В этом случае величина удельного энергопотребления может быть доведена до 0,45–0,55 кВт·ч/кг СПГ и резко увеличен процент выхода жидкости [1].

### **Пример снижения стоимости СПГ**

В настоящее время Московским газоперерабатывающим заводом смонтирована установка для сжижения природного газа производительностью 24 тонны СПГ в сутки.

Установка базируется на автомобильной газозаправочной компрессорной станции (АГНКС-500), мощности которой по своему функциональному назначению практически используются только на 10–15 %.

Такое решение имеет ряд преимуществ в части снижения капитальных вложений на оборудование, т.к. на АГНКС создана необходимая инженерная инфраструктура, включающая компрессорные установки, блок осушки сжатого газа, необходимое электросиловое и вспомогательное, а также обеспечивающее противопожарную безопасность оборудование и т. п. [2].

Удельные затраты на производство 1 тонны СПГ на АГНКС распределяются следующим образом:

- амортизация – 23 %;
- электроэнергия – 19 %;
- зарплата работников АГНКС – 12 %;
- сырье (природный газ и вспомогательные материалы) – 17 %;
- зарплата работников по обслуживанию и управлению установкой по получению СПГ – 18 %;
- единый социальный налог – 11 %.

Из приведенных данных видно, что 54 % от затрат на производство СПГ приходится на амортизацию, электроэнергию и зарплату работников АГНКС, обслуживающих компрессорное и электросиловое оборудование [2].

Очевидно, что себестоимость СПГ главным образом зависит от принятой технологии комплексной очистки природного газа и его сжижения. Сжижение природного газа производится на уровне температур  $-140$ – $-160^{\circ}\text{C}$ , и поэтому для оптимизации процесса имеются проверенные аналоги в области сжижения газов, его хранения, транспортирования и регазификации.

Известно, что при использовании перепада давления на городских или заводских газораспределительных станциях (ГРС) или газоредуцирующих пунктах (ГРП) можно значительно снизить себестоимость производимого сжиженного природного газа за счет уменьшения затрат на электроэнергию, на обслуживание компрессоров и электросилового оборудования, а также амортизационных отчислений.

Транспортирование сжиженного природного газа осуществляется с помощью автомобильного транспорта. Особый интерес представляют цистерны-контейнеры, которые позволяют транспортировать СПГ авто-, железнодорожным и речным транспортом [2].

СПГ также может быть использован в качестве моторного топлива, например в дизель-генераторах. На дизель-генераторах может быть получена электрическая энергия значительно ниже по стоимости, чем централизованно получаемая от крупных ТЭЦ и ГРЭС. При этом в результате утилизации тепла выхлопных газов можно одновременно получить высокопотенциальное тепло для отопления и горячего водоснабжения.

Например, при установке дизель-генератора, работающего на газе, мощностью 1 500 кВт можно ежегодно получать более 13 000 МВт·ч электроэнергии и около 10 000 Гкал тепловой энергии для отопления и горячего водоснабжения. Срок окупаемости капитальных вложений на приобретение дизель-генератора составляет 3–3,5 года.

Из вышеизложенного следует: автономное энергоснабжение небольших промышленных, социальных предприятий и населенных пунктов на базе мини-энергетики с использованием СПГ является привлекательной сферой для инвестиций объектов энергетики со сравнительно коротким сроком окупаемости капитальных вложений [2].

Автономные объекты мини-энергетики с применением сжиженного природного газа не только помогут ликвидировать проблему энергообеспечения отдаленных регионов, но и являются альтернативой для прекращения зависимости потребителей от крупных поставщиков электрической и тепловой энергии.

### **Библиографический список**

1. Информационный портал «Энергетика. ТЭС и АЭС», [http://tesiaes.ru/?page\\_id=3302](http://tesiaes.ru/?page_id=3302).
2. Современные технологии для производства сжиженного природного газа /Н.А. Александров, В.А. Васютин. Труды кафедры "Холодильная и криогенная техника". Сборник научных статей под ред. проф. И.М. Калниня. М.: 2006 г.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРИМЕНЕНИЕ ДИСПЕРСНО-  
АРМИРОВАННОГО БЕТОНА ПРИ  
ВОССТАНОВЛЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ  
КОНСТРУКЦИЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ**

*Московский С. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

*Носков А. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

*Нуждин А. Д.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Повышение надежности, увеличение сроков эксплуатации, восстановление железобетонных конструкций возможно путем армирования бетона различными видами волокон (фибр). В статье представлен вариант применения дисперсно-армированного бетона при восстановлении строительных конструкций электростанции, основанный на модели анализа деформационно-прочностных характеристик, прогнозирования и подбора состава фибробетона, базирующийся на комплексных исследованиях данного материала.

**Ключевые слова:** фибробетон, дисперсное армирование, волокна фибры, модель анализа, прочностные и деформационные свойства бетона

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

# **THE USE OF DISPERSION-REINFORCED CONCRETE IN THE RECONSTRUCTION OF THE POWER PLANT BUILDING STRUCTURES**

*Moskovsky S. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Noskov A. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Nugdin A. D.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Increase of reliability, increase in terms of exploitation, restoration of concrete structures is possible by reinforcing concrete with various types of fibers (FiBr). The article presents the application of dispersion-reinforced concrete in the restoration of building structures of plants, based on the analysis of deformation and strength characteristics, prediction and selection of the composition of fiber reinforced concrete based on comprehensive studies of this material.

**Key words:** fiber concrete, dispersed reinforcement, fibers, analysis model, the strength and deformation properties.



Бетон является одним из старейших материалов, применяемых в строительстве. При большом количестве положительных качеств этот материал плохо работает при изгибе элемента, поэтому для увеличения несущей способности применяют армирование конструкций [1]. Армирование, как правило, производится стальными стержнями, которые воспринимают на себя растягивающие усилия. Современные тенденции к высотному строительству, а так же для достижения сложных архитектурных форм строительные конструкции приобретают нестандартные формы, сечения и размеры. Существенное увеличение размеров, сложность применяемых сечений и восприятие высоких нагрузок приводят к тому, что конструкции находятся в сложно-деформированном состоянии. Вследствие сложно-деформированного состояния строительные конструкции приходится армировать с применением малого шага ячейки стержней, что приводит к утяжелению и удорожанию строительных конструкций.

Одним из решений данной проблемы является применение бетона дисперсно-армированного различными видами волокон. Его особенность заключается в добавлении и равномерном распределении в составе бетонной смеси дисперсных волокон (фибр) в качестве которых могут выступать: металл; асбест; полипропилен; углерод; базальт и др.

Выбор вида фибры зависит от выдвигаемых требований к строительной конструкции (повышенные нагрузки, трещиностойкость, ремонтпригодность, механические и ударные воздействия, агрессивность среды, изготовление, износостойкость и др.)

Дисперсное армирование волокнами работает в бетоне подобно арматуре, воспринимая на себя сжимающие и растягивающие усилия, а также улучшая свойства материала в сравнении с железобетоном.

Повышенные характеристики фибробетонов (прочностные, адгезионные, защитные и др.) увеличивают проектную, эксплуатационную и реконструкционную стойкость (прочность, долговечность, ремонтпригодность, мобильность и др.) строительных конструкций в 1,5–2 раза относительно рядового железобетона [6].

Благодаря существенным преимуществам и своим особым свойствам набирает популярность использование фибры из базальтового волокна [2]. По своей эффективности с базальтовыми фибрами может сравниться сталь, но ее применение в составе бетонной смеси невыгодно с точки зрения показателей экономичности. Актуальность применению базальтового волокна в России придает большое количество промышленно используемых месторождений базальта (Архангельская область, Свердловская и Челябинская области, Красноярский край, и др.). Добыча базальта экологически безопасна в отличие, например, от природных волокон из асбеста.

Дисперсное базальтовое волокно при правильном введении в состав бетона (относительно железобетона) увеличивает: прочность бетона на растяжение на 130–170 %; прочность бетона на сжатие на 120–150 %; улучшает морозостойкость, трещиностойкость и истираемость материала [3]. Кроме того, изготовление бетона с добавлением базальтового волокна снижает трудоемкость строительных процессов. Также применение базальтофибробетона позволяет изготавливать конструкции сложных конфигураций и значительно снизить собственный вес конструкций.

Таким образом, базальтофибробетон может получить широкое применение при новом строительстве, реконструкции и усилении конструкций зданий и сооружений [5].

К настоящему времени в России есть ряд примеров восстановления конструкций с помощью базальтофибробетона. Один из них был воплощен на электростанции в г. Пенза. Пензенская тепловая электростанция была построена в 1943 году, до настоящего времени является основным источником электроэнергии и тепла в системе снабжения г. Пенза.

В результате аварии произошедшей на электростанции в начале 2017 г, обрушилась часть стропильных ферм покрытия турбинного блока (рис. 1), частично срезав защитный и несущий слой бетона с разрушением рабочей арматуры консолей железобетонных колонн (рис. 2). Вследствие отсутствия покрытия консоли колонн подверглись намоканию атмосферной влагой, начались коррозионные процессы железобетона.

Восстановление бетонных конструкций путем распространенного варианта усиления стальным термоусадочным бандажом не мог, был применим, из-за стесненных условий монтажа (рис. 2), физического износа конструкций. В ходе ликвидации аварии, восстановление конструкций покрытия блока, был предложен метод восстановления железобетонных частей колонн с применением бетона дисперсно-армированного базальтовым волокном.



Рис.1. Разрушение покрытия турбинного блока



Рис. 2. Разрушение железобетонной консоли

На основании проведенных расчетов и испытаний авторов, с применением модели проектирования и прогнозирования деформационно-прочностных свойств [4, 7] был подобран состав фибробетонной смеси, разработан проект восстановления несущей способности консолей колонн.

Проект восстановления консолей колонн позволил восстановить несущую способность конструкций, уменьшить объем строительно-монтажных работ и потребность в строительных ресурсах, сократить денежные затраты, что является важными показателями в условиях аварии.

Применение дисперсно-армированных бетонов позволяет значительно повысить порог физических и моральных свойств строительных конструкций. Разрабатываемая авторами многофакторная модель прогнозирования и подбора состава дисперсно-армированных композитов, основанная на экспериментальных данных позволяет, в короткие сроки определить необходимые составляющие смеси с заданными свойствами.

### Библиографический список

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ, 2003. 500с.
2. Войлоков И.А., Канаев С.Ф. (Ястржембский) Базальтофибробетон. Исторический экскурс // Инженерно-строительный журнал. 2009. №4. С. 25-28.
3. Ключев С.В. Высокопрочный фибробетон для промышленного и гражданского строительства // Инженерно-строительный журнал . 2012. №8. С. 61-65.
4. Московский С.В., Носков А.С., Руднов В.С., Алехин В.Н. Влияние дисперсного армирования на деформационно-прочностные свойства бетона // Академический Вестник УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. 2016. №3 (30). С.67-71.
5. Пухаренко Ю.В. Принцип формирования структуры и прогнозирование прочности фибробетонов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2004. № 10. С. 47–50.

6. Рабинович Ф.Н. Композиты на основе дисперсно армированных бетонов. Вопросы теории и проектирования, технология, конструкции // М.: АСВ, 2011. 639.
7. Rudnov V.S., Belyakov V.A., Moskovsky S.V. Properties and design characteristics of the fiber concrete // Procedia Engineering . 2016. №150. 1536-1540.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ  
ОРГАНИЗАЦИОННО-  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ  
СКОРОСТНОГО ВОЗВЕДЕНИЯ  
БЕЗБАЛОЧНЫХ МОНОЛИТНЫХ ПЛИТ  
ПЕРЕКРЫТИЙ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ**

*Никонов С. П.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, sergey.p.nikonov@yandex.ru

*Фомин Н. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В данной работе рассмотрены основные технологические процессы по возведению безбалочных монолитных плит перекрытий гражданских зданий. На основе производства хронометража в условиях г. Екатеринбурга определены уточненные затраты труда для основных звеньев рабочих, а также их численно-квалификационные составы. Представлены результаты подбора оптимального состава звена, исходя из нескольких измерений времени производства одинаковых видов работ с различными условиями, позволяющие построить организационно-технологическую модель скоростного возведения безбалочных монолитных плит перекрытий гражданских зданий.

**Ключевые слова:** конструктивные и технологические решения, инновационный потенциал, сборно-монолитная система, гражданские здания.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**DETERMINATION OF THE PARAMETERS OF  
ORGANIZATIONAL-TECHNOLOGICAL  
MODELS OF CONSTRUCTION OF HIGH-  
SPEED MONOLITHIC BEAMLESS SLABS  
CIVIL BUILDINGS**

*Nikonov S. P.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, sergey.p.nikonov@yandex.ru

*Fomin N. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** In this paper, the basic technological processes for the construction of reinforced concrete monolithic slabs of civil buildings. Based on timekeeping in the city of Yekaterinburg, determined revised labor costs for basic units of the workers and their numerical qualification structures. Presents the results of selecting the optimal structure of a link based on several measurements of time of production of the same types of jobs with different conditions allowing building an organizational and technological model of speed of erection of reinforced concrete monolithic slabs of civil buildings.

**Key words:** Constructive and technological solutions, innovative potential, prefabricated-monolithic system, civil buildings.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В наше время скоростное монолитное домостроение (СМД) – одна из наиболее перспективных технологий возведения монолитных гражданских зданий. СМД имеет высокую привлекательность для инвестора, заказчика и подрядчика тем, что позволяет не только возводить объекты в достаточно короткие сроки без ухудшения качества строительной продукции, но и получить экономию ресурсов. При этом такой вид строительства требует к себе особого подхода – помимо хорошо развитой технической базы, высокого уровня используемых технологий и квалификации рабочих кадров, необходима четкая организация, специфические технологические решения и возможности оперативного управления строительным процессом [1]. Все это требует создания новых организационно-технологических моделей комплексных строительных процессов, на основе которых будут разрабатываться технологические карты и другие виды организационно-технологической документации.

Для построения организационно-технологической модели, позволяющей в полной мере реализовать преимущества технологии скоростного возведения монолитной безбалочной плиты перекрытия, необходимо определить средние фактические затраты труда для рассматриваемых звеньев рабочих [2]. В данной работе рассматриваются основные технологические процессы по возведению безбалочной плиты: опалубочные; арматурные и бетонные.

Определение фактических (уточненных) затрат труда проводилось путем хронометража. Площадками для проведения хронометражных наблюдений были выбраны две строящиеся секции жилых домов в Екатеринбурге: ул. Ирбитская, д. 1 (площадь типового этажа 800 м<sup>2</sup>) и ул. Ирбитская, д. 8 (площадь типового этажа 820 м<sup>2</sup>). Хронометраж каждого технологического процесса проводился отдельно. Оптимальный состав звена рабочих (по критерию минимизации времени выполнения работ), определялся по ряду измерений времени выполнения однотипных работ для различных условий производства (квалификация работников, погодные условия и т. п.). В настоящее время в строительных организациях зачастую отсутствует практика присвоения рабочим разрядов. Однако, учитывая сложившиеся нормы организационно-технологического проектирования, для каждого рабочего в звене был определен разряд в зависимости от стажа и средней выработки, указанной производителем работ. Для всех процессов продолжительность работ и норма времени определялись согласно рекомендациям и алгоритмам [3].

Рассмотрим результаты исследования процессов возведения безбалочных плит перекрытий.

Опалубочные работы – первый этап реализации СМД. При возведении безбалочных плит перекрытий на объектах, где выполнялись исследования, использовалась опалубка типа



Peri Multiflex (универсальная балочная опалубка) и Peri Uniportal (модульные опалубочные столы) [4]. При этом площади опалубливаемой поверхности на захватке различной опалубкой составила: Peri Multiflex – 30 %; Peri Uniportal – 70 %. Основные исследуемые технологические операции по выполнению опалубочных работ:

- разборка опалубки нижестоящего этажа;
- подача и установка модульных опалубочных столов с нижестоящего этажа;
- установка стоек с треногами;
- укладка балок;
- укладка настила из фанеры;
- устройство торцов;
- выверка опалубки.

Численно-квалификационные составы звеньев, для которых выполнялся хронометраж опалубочных работ, представлены в табл. 1. Общее количество хронометражных измерений для опалубочных работ – 8. Хронометрировались опалубочные работы на типовых этажах (с 5-го по 15-й) при летних условиях производства работ.

На рис. 1 представлена кривая изменения (варьирования) численности рабочих в звене для хронометража опалубочных работ, на рис. 2 представлен график изменения продолжительности опалубочных работ для различных звеньев. Продолжительность выполнения работ определялась для однотипных захваток площадью 400 м<sup>2</sup>.

Таблица 1

**Количество и квалификация монтажников для выполнения опалубочных работ**

Вариант состава звена	Стаж более 10 лет	Стаж 8–10 лет	Стаж 5–7 лет	Стаж 4–3 года	Стаж до 3-х лет	Итого
	Условный разряд 6	Условный разряд 5	Условный разряд 4	Условный разряд 3	Условный разряд 2	
1	1 чел.	1 чел.	2 чел.	2 чел.	2 чел.	<b>8 чел.</b>
2	1 чел.	2 чел.	2 чел.	2 чел.	2 чел.	<b>9 чел.</b>
3	1 чел.	2 чел.	2 чел.	2 чел.	3 чел.	<b>10 чел.</b>
4	1 чел.	2 чел.	2 чел.	3 чел.	3 чел.	<b>11 чел.</b>
5	1 чел.	2 чел.	2 чел.	3 чел.	4 чел.	<b>12 чел.</b>

Из рис. 1 видно, что оптимальное количество рабочих в звене для опалубочных работ при устройстве безбалочных плит перекрытий в гражданских зданиях составляет 10 человек (монтажники: 6 разряда (р) – 1 чел.; 5 р – 2 чел.; 4 р – 2 чел.; 3 р – 2 чел.; 2 р – 2 чел.). Такой численно-квалификационный состав следует считать корректным, если площадь захватки не превосходит 500 м<sup>2</sup>. Средняя продолжительность опалубочных работ на захватке (400 м<sup>2</sup>) составляет 5 часов. Расчетная норма времени составила 12,5 чел.-час на 100 м<sup>2</sup> опалубливаемой площади перекрытия.

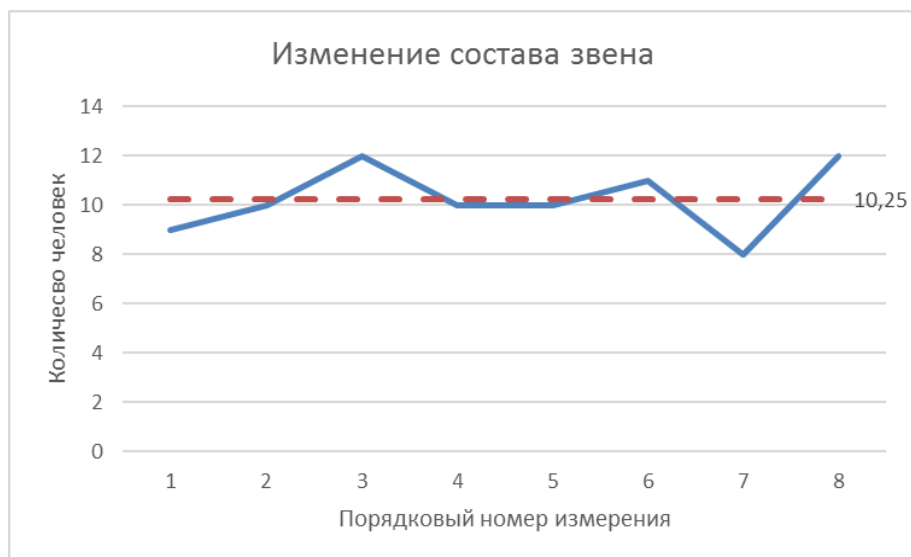


Рис. 1. График варьирования численности рабочих в звене для хронометража опалубочных работ

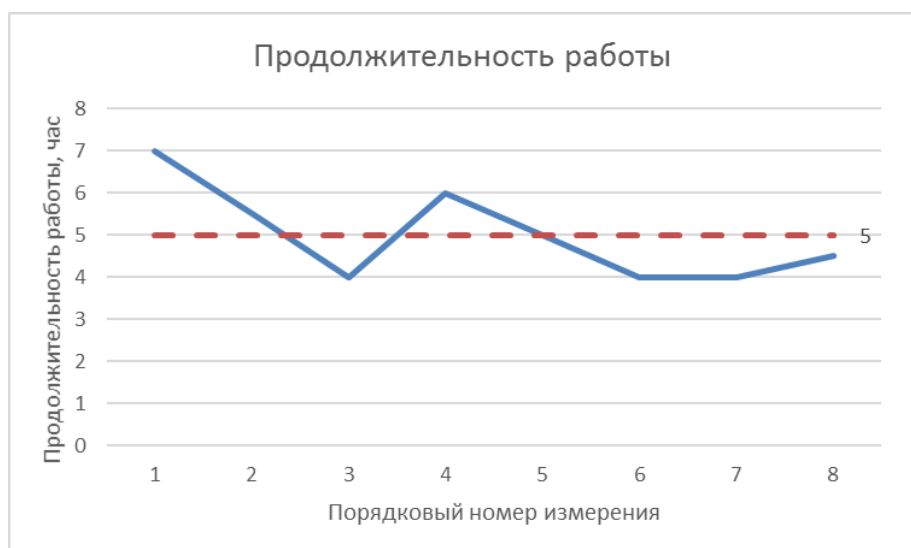


Рис. 2. График изменения продолжительности опалубочных работ для различных звеньев

На протяжении всего монтажа опалубки используется башенный кран, поэтому для определения нормы времени и продолжительности выполнения работ необходимо учитывать надежность работы башенного крана, связанную с его незапланированными остановками, кроме этого, из-за большой площади монтируемых щитов, при расчете продолжительности следует учитывать негативный эффект ветрового давления, обусловленный парусностью щита. Влияние этих факторов можно учитывать введением дополнительных понижающих коэффициентов.

Следующий этап устройства безбалочной плиты – армирование, включающее следующие технологические операции:

– подача арматурных изделий на монтажную отметку (монтажный горизонт);

- раскладка сеток, стержней и каркасов;
- последовательное соединение с помощью вязальной проволоки арматурных стержней сеток и каркасов;
- установка арматурных фиксаторов для создания защитного слоя для арматуры.

Численно-квалификационные составы звеньев, для которых выполнялся хронометраж арматурных работ, представлены в табл. 2. Общее количество хронометражных измерений для арматурных работ – 8. Хронометрировались арматурные работы на захватках площадью 400 м<sup>2</sup> типовых этажей (с 5-го по 15-й) при летних условиях производства работ. Основные арматурные изделия – сварные сетки, вспомогательные: отдельные стержни и каркасы, средняя масса арматурных изделий на захватке составила 4,9 т.

На рис. 3 представлена кривая изменения (варьирования) численности рабочих в звене для хронометража арматурных работ, на рис. 4 представлен график изменения продолжительности арматурных работ для различных звеньев.

Таблица 2

Количество и квалификация арматурщиков

Вариант состава звена	Стаж более 10 лет	Стаж 8–10 лет	Стаж 5–7 лет	Стаж 4–3 года	Стаж до 3-х лет	Итого
	Условный разряд 6	Условный разряд 5	Условный разряд 4	Условный разряд 3	Условный разряд 2	
1	1 чел.	1 чел.	2 чел.	2 чел.	3 чел.	<b>9 чел.</b>
2	1 чел.	1 чел.	2 чел.	2 чел.	2 чел.	<b>8 чел.</b>
3	1 чел.	1 чел.	1 чел.	2 чел.	3 чел.	<b>10 чел.</b>

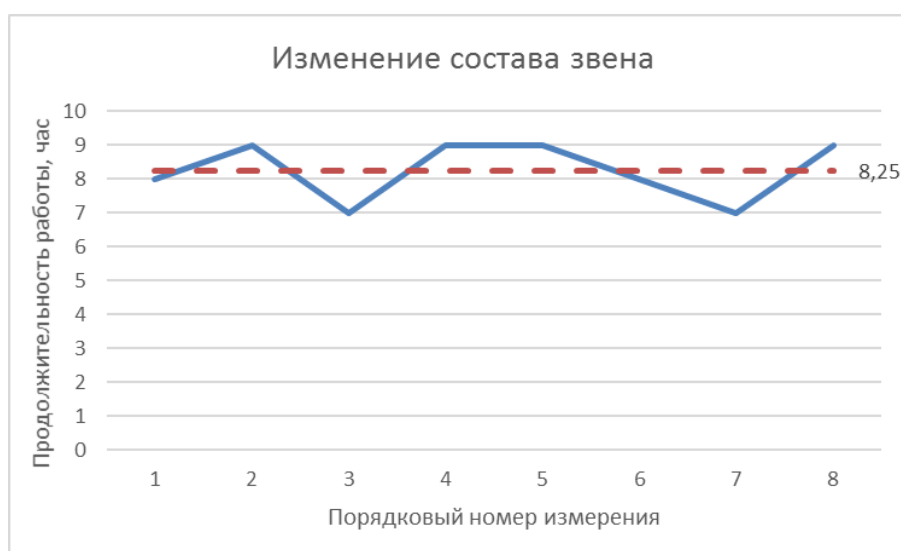


Рис. 3. График варьирования численности рабочих в звене для хронометража арматурных работ

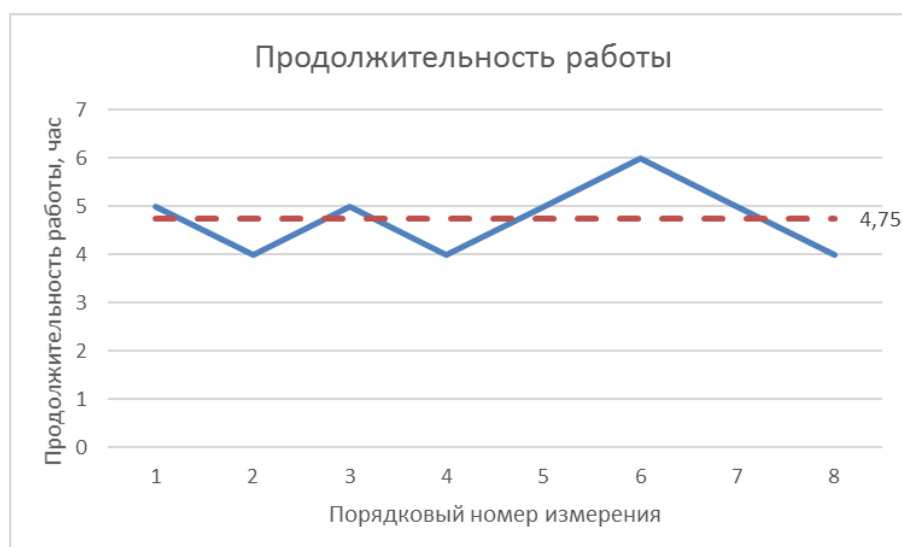


Рис. 4. График изменения продолжительности арматурных работ для различных звеньев

Из рис. 3 видно, что оптимальное количество рабочих в звене для арматурных работ при устройстве безбалочных плит перекрытий в гражданских зданиях составляет 8 человек (арматурщики: 6 разряда (р) – 1 чел.; 5 р – 1 чел.; 4 р – 2 чел.; 3 р – 2 чел.; 2 р – 2 чел.). Такой численно-квалификационный состав следует считать корректным, если площадь захватки не превосходит  $500 \text{ м}^2$ , при этом основными арматурными изделиями являются сварные сетки. Средняя продолжительность производства арматурных работ будет равна 4,75 часа. Расчетная норма времени составила 7,7 чел.-час на 1 т арматурных изделий.

Заключительным этапом устройства плиты является ее бетонирование. Хронометрирование бетонных работ выполнялось для двух основных вариантов подачи бетонной смеси в гражданском строительстве: способ «кран-бадья» и подача бетононасосом. Емкость бадьи была  $1,5 \text{ м}^3$ , максимальная производительность автобетононасоса  $60 \text{ м}^3/\text{час}$ . В составе бетонных работ рассматривались следующие операции:

- подача и распределение бетонной смеси по опалубочной конструкции;
- уплотнение бетонной смеси;
- заглаживание бетонной поверхности.

Численно-квалификационные составы звеньев, для которых выполнялся хронометраж бетонных работ, представлены в табл. 3. Общее количество хронометражных измерений для бетонных работ – 8 (по 4 на каждый вариант подачи бетонной смеси). Хронометрировались бетонные работы на типовых этажах (с 5-го по 15-й) при летних условиях производства работ. Продолжительность выполнения работ определялась для однотипных захваток площадью  $400 \text{ м}^2$  (объем бетонных работ  $80 \text{ м}^3$ ).

На рис. 5 представлена кривая изменения (варьирования) численности рабочих в звене для хронометража бетонных работ по первому варианту – подача бетонной смеси способом

«кран-бадьа», работ, на рис. 6 представлен график изменения продолжительности бетонных работ для различных звеньев по первому варианту.

На рис. 7 представлена кривая изменения (варьирования) численности рабочих в звене для хронометража бетонных работ по второму варианту – подача бетонной смеси автобетононасосом, на рис. 8 представлен график изменения продолжительности бетонных работ для различных звеньев по второму варианту. Продолжительность выполнения бетонных работ определялась для однотипных захваток площадью  $400 \text{ м}^2$ .

Таблица 3

Количество и квалификация бетонщиков

Вариант состава звена	Стаж более 10 лет	Стаж 8–10 лет	Стаж 5–7 лет	Стаж менее 5 лет	Итого
	Условный разряд 6	Условный разряд 5	Условный разряд 4	Условный разряд 3	
1	-	1 чел.	1 чел.	2 чел.	<b>4 чел.</b>
2	-	1 чел.	1 чел.	2 чел.	<b>3 чел.</b>

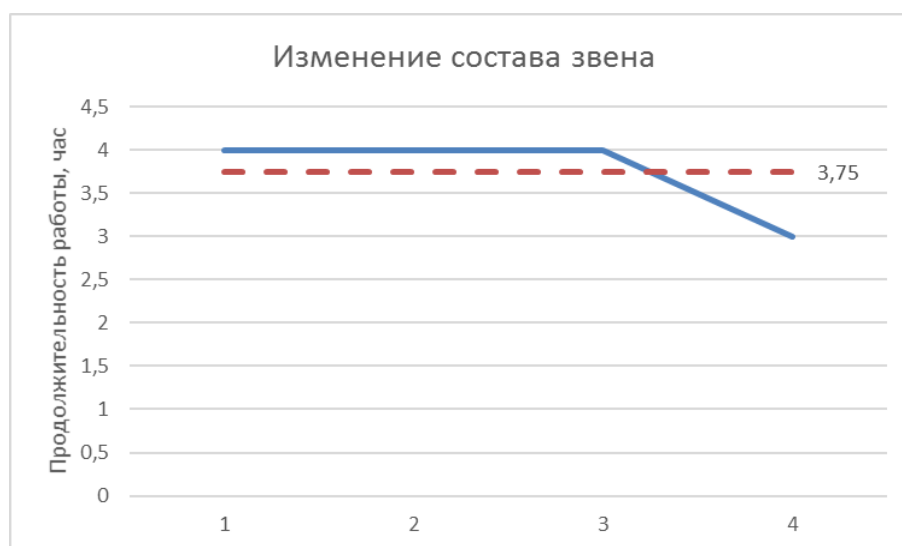


Рис. 5. График варьирования численности рабочих в звене для хронометража бетонных работ по первому варианту (подача способом «кран-бадьа»)

Из рисунков 5 и 7 видно, что оптимальное количество рабочих в звене для бетонных работ не зависит от варианта подачи бетонной смеси и составляет 4 человека: (бетонщики: 5 разряда (р) – 1 чел.; 4 р – 1 чел.; 3 р – 2 чел.). Такой численно-квалификационный состав следует считать корректным, если площадь захватки не превосходит  $500 \text{ м}^2$ , при этом объем укладываемого бетона на захватке не превосходит  $120 \text{ м}^3$ .

Средняя продолжительность бетонных работ на захватке составила: подача автобетононасосом – 2 часа; способом «кран-бадьа» – 4 часа. Расчетная норма времени составила: подача автобетононасосом – 0,1 чел.-часа; способом «кран-бадьа» – 0,2 чел.-часа на  $1 \text{ м}^3$  укладываемой смеси.

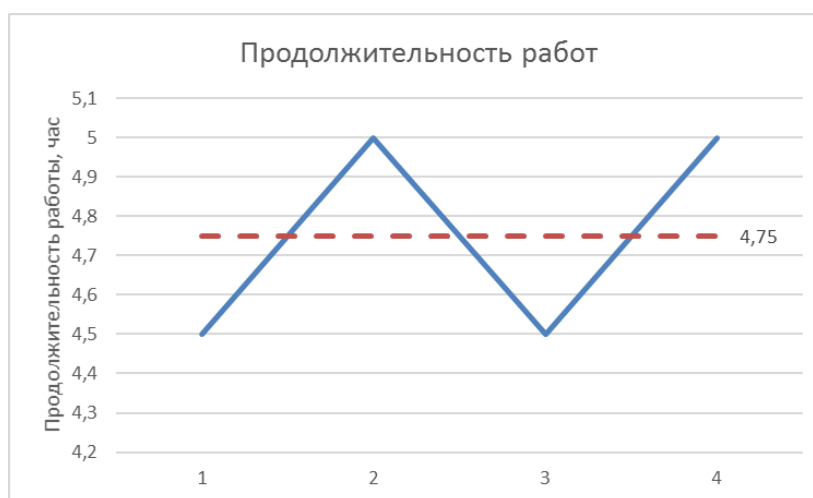


Рис. 6. График изменения продолжительности опалубочных работ для различных звеньев по первому варианту

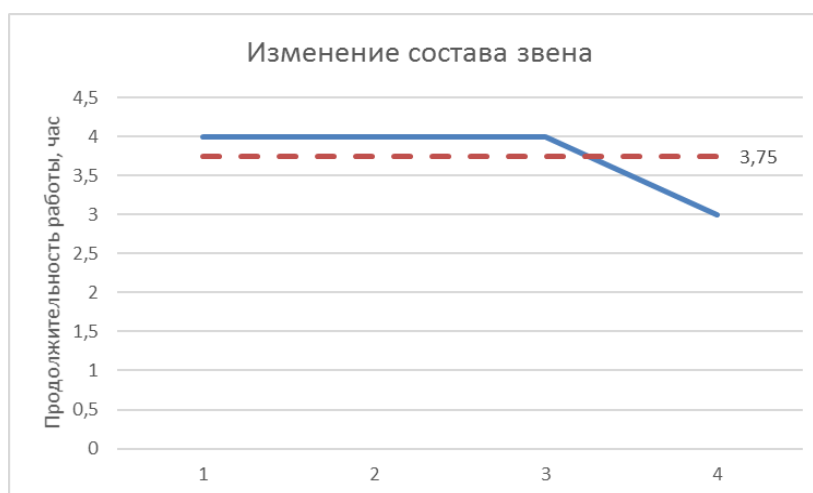


Рис. 7. График варьирования численности рабочих в звене для хронометража бетонных работ по второму варианту (подача автобетононасосом)

В таблице 4 представлены результаты измерений фактической нормы времени и продолжительности выполнения работ, а также оптимальные составы звеньев рабочих. Для сравнения представлены данные из норм [5] и проведенных ранее исследований для условий г. Москвы [2].

Из таблицы 4 видно, что при увеличении состава звена квалифицированными рабочими норма времени существенно изменяется.

Полученные данные позволят разработать эффективную организационно-технологическую модель скоростного возведения безбалочных плит перекрытий гражданских зданий.

**Сравнения норм времени выполнения основных работ при устройстве безбалочной плиты перекрытия**

№	Технологи- ческий процесс	Ед. изм. работ	Состав звена (оптимальны й)	Полученные данные (для условий Екатеринбур га)	Норма времени, чел.-час и состав звена			
					Данные из ЕНиР (1987)	Данные из исследований [2] (для условий Москвы)		
1	Монтаж опалубки перекрытия (опалубка Peri Multiflex и Peri Uniportal)	100 м <sup>2</sup>	<b>10 чел.:</b> 6 р.-1 чел. 5 р. – 2 чел. 4 р. – 2 чел. 3 р. – 2 чел. 2 р. – 3 чел.	Норма времени = 12,5 чел.-час	22	34		
					<b>2 чел:</b> 4 р. – 1 чел. 2 р. – 1 чел.	<b>8 чел:</b> 4 р. – 2 чел. 3 р. – 4 чел. 2 р. – 2 чел.		
2	Армирование плиты перекрытия (сварные сетки, стержни)	1 т	<b>8 чел.</b> 6 р.-1 чел. 5 р. – 1 чел. 4 р. – 2 чел. 3 р. – 2 чел. 2 р. – 2 чел.	Норма времени = 7,7 чел.-час	21	9,24		
					<b>2 чел:</b> 4 р. – 1 чел. 2 р. – 1 чел.	<b>6 чел:</b> 5 р. – 1 чел. 4 р. – 1 чел. 3 р. – 4 чел.		
3	Бетонирование плиты перекрытия	м <sup>3</sup>	<b>4 чел.</b> 4 р.-1 чел. 3 р. – 1 чел. 2 р. – 2 чел.	Норма времени = 0,2 чел.-час	0,93	-		
	подача способом «кран-бадья» (объем бадьи 1,5 м <sup>3</sup> )				<b>2 чел:</b> 4 р. – 1 чел. 2 р. – 1 чел.	-		
	подача автобенонасосо м (производитель ностью до 60 м <sup>3</sup> в час)			Норма времени = 0,1 чел.-час	0,69	0,18		
					<b>2 чел:</b> 4 р. – 1 чел. 2 р. – 1 чел.	<b>5 чел.:</b> 4 р.-1 чел. 3 р. – 1 чел. 2 р. – 2 чел. 1 р. – 1 чел.		

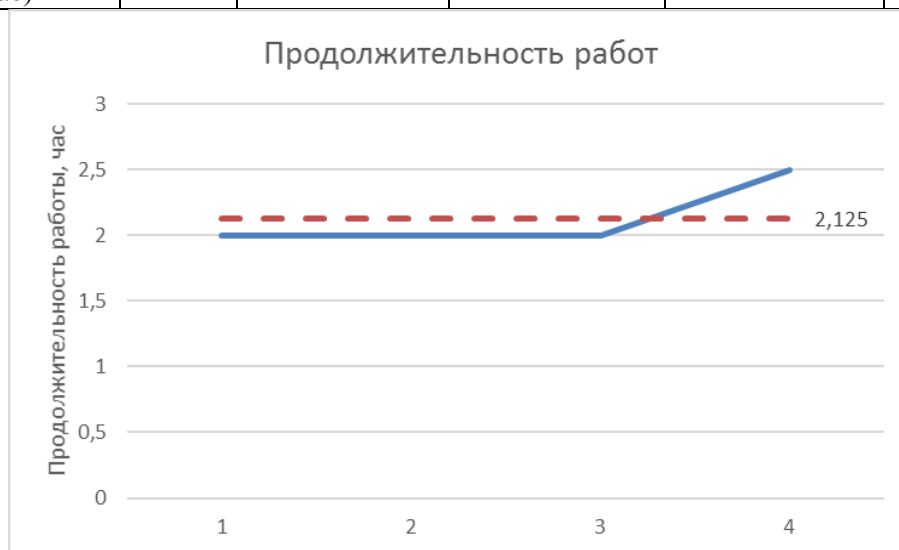


Рис. 8. График изменения продолжительности опалубочных работ для различных звеньев по второму варианту



**Библиографический список**

1. Зиневич, Л.В. Некоторые организационно-технологические особенности современного скоростного монолитного домостроения / Л.В. Зиневич, А.В. Галумян. // Вестник МГСУ. – 2009. №1 (спецвыпуск). – С. 29-30.
2. Галумян, А.В. Организационно-технологическая модель скоростного строительства зданий из монолитного железобетона: дис. ... к-та техн. наук: 05.23.08 / Галумян Арамаис Варданович – Москва, 2010. – 195 с.
3. Нормирование труда рабочих в строительстве / Е.Ф. Балова, Р.С. Бекерман, Н.Н. Евтушенко и др.; под ред. Е.Ф. Баловой. — М.: Стройиздат, 1985. – 440 с.
4. Электронный каталог опалубки PERI [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.peri.ru/products/formwork/slab-formwork.html> (дата обращения 28.04.2017).
5. Единые нормы и расценки на строительные, монтажные и ремонтно-строительные работы. ЕНиР - Сборник Е4. Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Выпуск 1. Здания и промышленные сооружения/Госстрой СССР. - Москва: Стройиздат, 1987.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **РЕАГЕНТНОЕ ОСВЕТЛЕНИЕ ПРОМЫВНЫХ ВОД СКОРЫХ ФИЛЬТРОВ**

*Старухина В. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, vera-star1993@mail.ru

*Браяловский Г. Б.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Рассмотрена проблема обработки промывных вод скорых фильтров. Приведена оценка качества поверхностного источника водоснабжения г. Екатеринбурга. Определены основные характеристики промывных вод. Подобраны оптимальные дозы коагулянта и флокулянта. Проведена оценка влияния дозы флокулянта на эффект осветления промывной воды. Полученные экспериментальные данные показали возможность применения реагентного способа очистки промывных вод скорых фильтров на водоочистных сооружениях МУП «Водоканал».

**Ключевые слова:** промывные воды, горизонтальный отстойник, скорый фильтр, коагуляция, флокуляция, гидравлическая крупность.

## REAGENT CLARIFICATION OF WASHING WATERS OF FAST FILTERS

*Starukhina V. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, vera-star1993@mail.ru

*Brayalovskiy G. B.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The problem of treatment of washing water of fast filters is considered. The qualitative estimation of a surface source of water supply of Ekaterinburg is given. The main characteristics of washing water are determined. Optimal doses of coagulant and flocculant were selected. The effect of the flocculant dose on the clarification effect of the wash water was evaluated. The obtained experimental data have shown the possibility of using a reagent method for cleaning the washing waters of fast filters at water treatment facilities of the Vodokanal Municipal Unitary Enterprise.

**Key words:** wash water, horizontal settling tank, fast filter, coagulation, flocculation hydraulic size.

В настоящее время при эксплуатации сооружений очистки воды из поверхностного источника возникает проблема утилизации промывных вод фильтровальных станций, содержащих высокие концентрации взвешенных веществ, соединений алюминия, сульфатов и хлоридов. Существуют несколько способов решения этой проблемы:

- сброс в естественную природную среду – реки, водоемы, естественные понижения рельефа, закачивание в подземные горизонты; искусственно созданные шламонакопители, пруды. Основными недостатками этого способа, оказывающего негативное влияние на природную среду, являются загрязнение поверхностных и подземных вод, а также прилегающих к водопроводным очистным сооружениям (ВОС) территорий, отторжение больших площадей для размещения шламонакопителей и иловых площадок;
- сброс на городские очистные сооружения канализации. Применяются два варианта этого способа: сброс промывных вод после их усреднения; сброс осадка после его предварительного уплотнения. Основными недостатками способа является существенное увеличение нагрузки на КОС, высокие затраты на транспортировку сточных вод и осадков, а также поступление несвойственного для КОС загрязнителя – соединений алюминия;
- повторное использование промывных вод и др. технологических стоков ВОС может применяться, как с предварительной обработкой (в отечественной практике – отстаивание), так и без нее.

В нашей стране предварительная обработка оборотной воды осуществляется лишь на немногих водопроводных станциях. На большинстве из них осуществляется возврат промывной воды на повторную обработку без предварительной очистки [1].

Основными источниками питьевого водоснабжения г. Екатеринбурга являются Волчихинское водохранилище на р. Чусовая и Верх-Исетский пруд на р. Исеть. В целом воду этих источников можно охарактеризовать как среднецветную, маломутную, низкоминерализованную. Высокий уровень органического загрязнения источников: содержание общего органического углерода достигает 20, а иногда 50 мг/дм<sup>3</sup>.

Характерные сезонные колебания качества воды источников: широкий диапазон изменения температуры воды в течение года; резкое снижение щелочности и pH в паводок (май); увеличение цветности (до 70 град), окисляемости (О<sub>2</sub> до 15 мг/дм<sup>3</sup>) и содержания железа (до 1 мг/дм<sup>3</sup>) в летне-осенний период.

Все водоочистные сооружения МУП «Водоканал» имеют общепринятую для России технологию очистки воды и включают первичное хлорирование, реагентную обработку коагулянтами и флокулянтами, вторичное хлорирование [2].

В настоящее время обработка промывных вод на МУП «Водоканал» осуществляется методом ультрафильтрации. Целью данной работы являлось повышение эффективности осветления промывной воды в отстойниках за счет предварительного увеличения гидравлической крупности взвешенных веществ (реагентная обработка) с дальнейшей обработкой на скорых фильтрах. Промывная вода, очищенная до питьевого качества, будет использоваться для промывки скорых фильтров.

Известно, что в водоподготовке наиболее эффективным методом и широко применяемым способом агломерации тонкодисперсной взвеси является флокуляционный. Поэтому в данной работе была исследована эффективность применения высокомолекулярных флокулянтов для интенсификации осветления промывных вод скорых фильтров.

Исследования проводились на промывной воде фильтров мутностью – 44,2 мг/дм<sup>3</sup>, цветностью – 23 град. Проба отбиралась в зимний период. Были испытаны флокулянты марки «Праестол» анионного и катионного типа. В качестве коагулянта принят оксихлорид алюминия (ОХА) «Бопак-Е».

Эксперименты по выбору типа и доз реагентов осуществлялись методом пробного коагулирования. В процессе исследований определялись следующие показатели промывной воды: мутность и цветность.

Изменение мутности промывной воды при введении ОХА представлено на рис. 1. Выявлено, что при увеличении дозы коагулянта мутность возрастает.

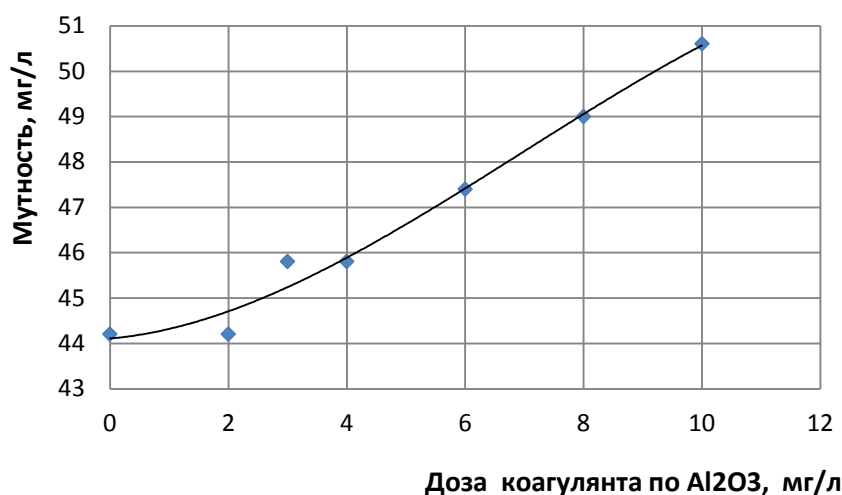


Рис. 1. Влияние дозы коагулянта на мутность промывной воды

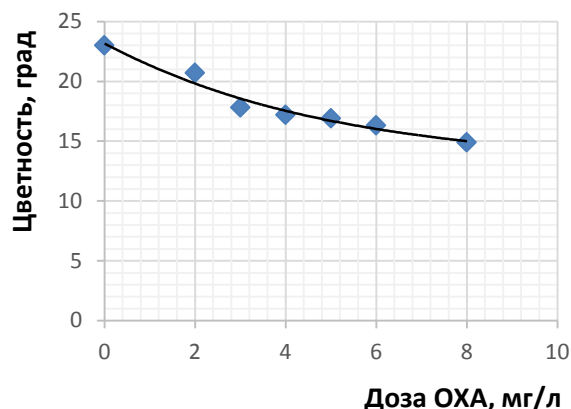


Рис. 2. Влияние дозы ОХА на цветность осветленной воды

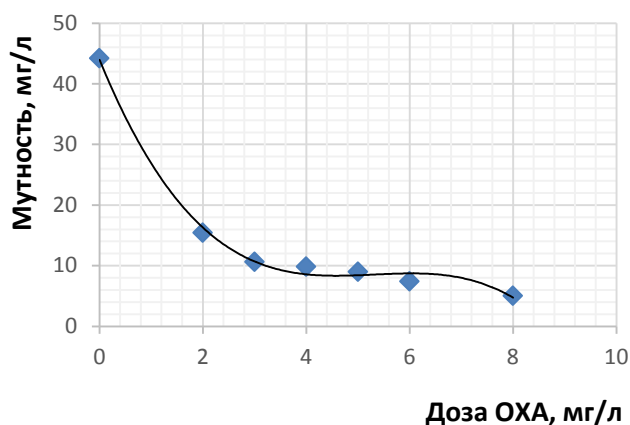


Рис. 3. Влияние дозы ОХА на мутность осветленной воды

На рисунках 2,3 представлена зависимость цветности и мутности осветленной воды, соответственно, от дозы введенного коагулянта «Бопак-Е». При небольших дозах коагуляция имела слововыраженный характер. Увеличении доз реагента повлекло интенсификацию процесса.

При введении дозы ОХА 5 мг/дм<sup>3</sup> по  $Al_2O_3$  наблюдалось значительное укрупнение частиц, оптимальное снижение мутности и цветности. Данная доза была принята за основную при подборе флокулянтов.

Для интенсификации процесса осветления воды используются флокулянты. В данной работе были использованы флокулянты: анионный «Праестол-2540» и катионный «Праестол-650». На рис. 4 и 5 показано влияние дозы флокулянта на мутность и цветность осветленной воды, соответственно. Как видно из представленных результатов, применение анионного флокулянта позволяет достигнуть более полной очистки по показателю мутности. Показатели цветности соответствует нормам для питьевого водоснабжения [3].

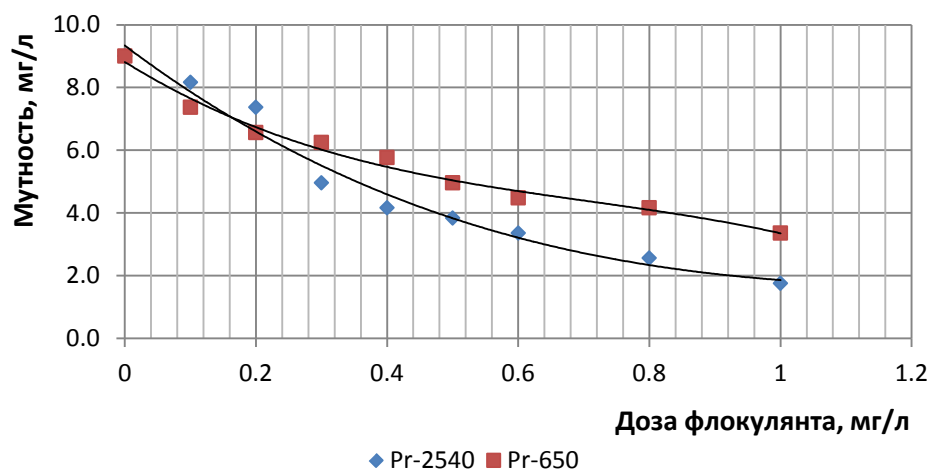


Рис. 4. Влияние дозы флокулянта на мутность осветленной воды

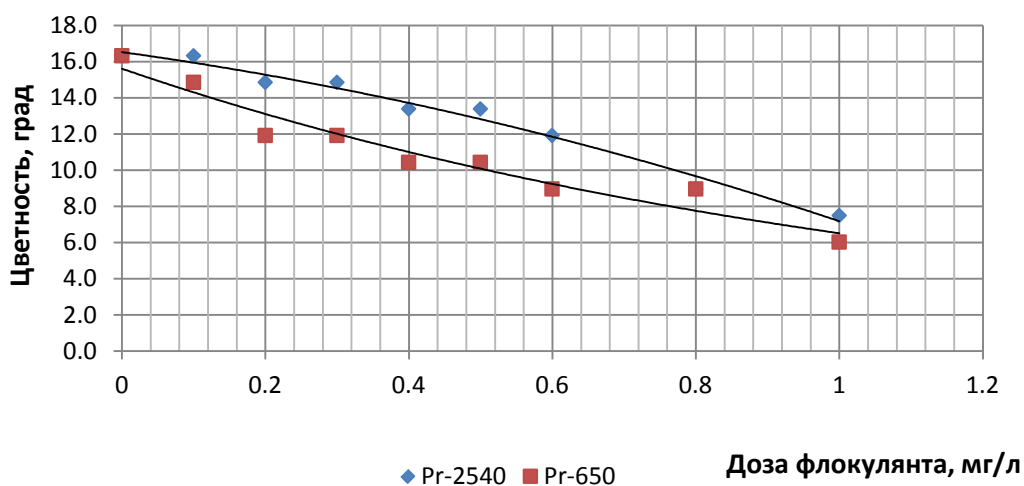


Рис. 5. Влияние дозы флокулянта на цветность осветленной воды

Влияние различных доз флокулянтов «Праестол-2540» и «Праестол-650» на эффективность осветления промывной воды отражено на рисунке 6. Из представленных данных видно, что при увеличении дозы флокулянта улучшается качество осветленной воды.

По результатам проведенных исследований установлена оптимальная доза флокулянта «Праестол-2540» – 0,3 мг/л, т.к. при дальнейшем увеличении дозы происходит незначительное увеличение эффективности осветления промывной воды.



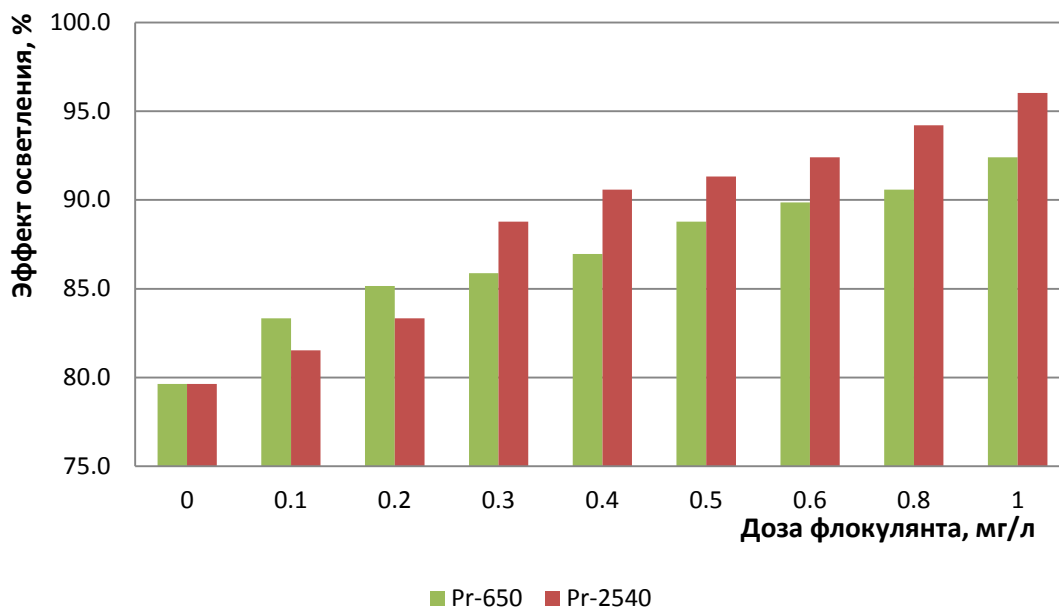


Рис. 6. Эффективность осветления воды флокулянтами

**Выводы:** для интенсификации осаждения взвешенных веществ в промывных водах фильтров на водопроводных очистных сооружениях г. Екатеринбурга необходимо применение коагулянта совместно с флокулянт. Экспериментальные исследования показали, что наиболее эффективными являются флокулянты анионного типа, в частности «Праестол -2540» с оптимальной дозировкой 0,3 мг/л.

#### Библиографический список

1. Киекбаев Р.И., Кантор Л.И., Кантор Е.А. Оценка влияния повторного использования промывных вод скорых фильтров на качество осветления воды реки Уфы // Башкирский химический журнал. 2006. Том 13. №5. с. 87-90
2. <http://бopak.pф>
3. СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества» – Введ. с 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА  
В МЕЖКВАРТИРНОМ КОРИДОРНОМ  
ПРОСТРАНСТВЕ В МНОГОКВАРТИРНОМ  
ЖИЛОМ ДОМЕ**

*Ворошилова М. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, mariyamikushina@mail.ru

*Тюлькина А. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, nadeona@mail.ru

*Ширяева Н. П.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, npshiryaeva@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены особенности горизонтальной системы отопления с поквартирной разводкой. Произведен расчет тепловых потоков с поверхности трубопроводов, проложенных в стяжке пола. Проанализировано влияние тепловых потоков от трубопроводов на показания приборов учёта тепловой энергии.

**Ключевые слова:** тепловой поток, металлополимерные трубы, поквартирная система отопления.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

# **HEAT FLOW OPTIMIZATION IN THE INTER- APARTMENT CORRIDOR SPACE IN THE MULTI-APARTMENT BUILDING**

*Voroshilova M. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, mariyamikushina@mail.ru

*Tyulkina A. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, nadeona@mail.ru

*Shiryaeva N. P.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, npshiryaeva@yandex.ru

**Abstract.** The article describes the particularities of horizontal apartment heating. The calculation of heat flows from the surface of pipelines laid in the floor screed was performed. The influence of heat flows from the pipelines on reading from the heat energy metering devices was analyzed.

**Key words:** heating load, metal-polymer pipes, quarterly heating system.

В настоящее время для отопления жилых зданий широко применяются горизонтальные двухтрубные системы с разводкой трубопроводов в стяжке пола. Такие системы отопления позволяют организовать поквартирный учет тепловой энергии, а также регулирование тепловой мощности отопительных приборов с помощью термостатов. Для каждой квартиры предусматривается отдельная ветвь, к которой присоединяются отопительные приборы с установленными на них регулируемыми клапанами с термостатами. На термостатах температура в помещении задается пользователями вручную (рис. 1).

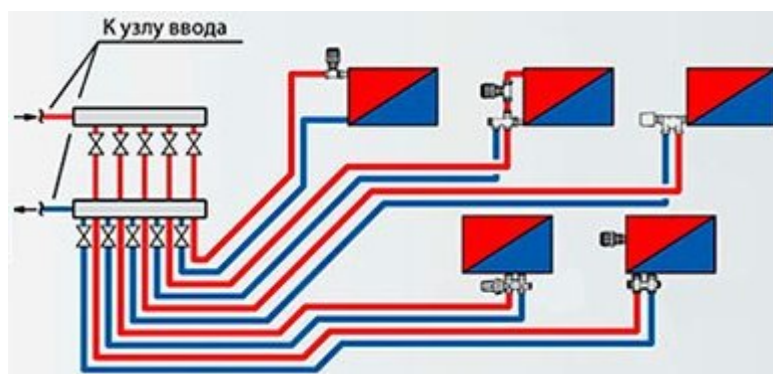


Рис. 1. Горизонтальная двухтрубная система отопления

При горизонтальной разводке для прокладки в монолитной стяжке пола наиболее часто применяются металлополимерные трубы. В современной практике при проектировании таких систем отопления зачастую не полно или вообще не учитываются тепловые потоки от трубопроводов. Известно, что при разработке систем отопления широко применяется программное обеспечение типа СО, предназначенное для расчета и выбора элементов систем отопления. В таких программных продуктах тепловой поток от трубопроводов может учитываться в виде некоторой доли. При этом не указывается, для каких условий теплообмена он рассчитывается. В [1] отмечено, что тепловой поток от одиночных труб, замоноличенных в перекрытиях, увеличивается в 2 раза по сравнению с открыто проложенными. Однако, не понятно, во-первых, учтено ли влияние гофрированной трубы, часто используемой при заливке в качестве изолирующего футляра, и, во-вторых, не указывается влияние расстояния между трубопроводами.

Для учета вышеуказанных факторов можно использовать формулы, приведенные в [2]. Термическое сопротивление массива для неизолированной трубы (рис. 2) определяется по формуле:

$$R_1^* = \frac{1}{2\pi\lambda} \left[ \ln \frac{2h_1}{R_1} \ln \frac{2h_2}{R_2} - \left( \ln \sqrt{\frac{s^2 + (h_1 + h_2)^2}{s^2 + (h_1 - h_2)^2}} \right)^2 \right] \times \left[ \ln \frac{2h_2}{R_2} - \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} \times \ln \sqrt{\frac{s^2 + (h_1 + h_2)^2}{s^2 + (h_1 - h_2)^2}} \right]^{-1}$$

$$\Delta T_1 = T_1 - T_0;$$

$$\Delta T_2 = T_2 - T_0;$$

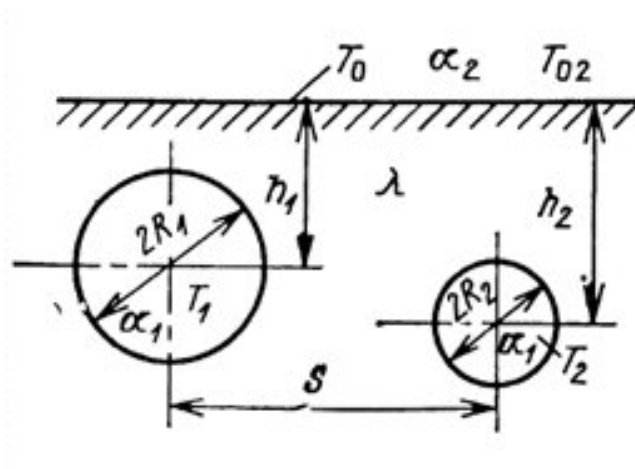


Рис. 2. Расчетная схема для определения теплового потока от двух трубопровода в массиве

Термическое сопротивление массива для одной из труб (рис.3) определяется по формуле

$$R^* = \frac{1}{2\pi L\lambda} \ln \left[ \frac{s}{\pi R} \operatorname{sh} \left( 2\pi \frac{h}{s} \right) \right].$$

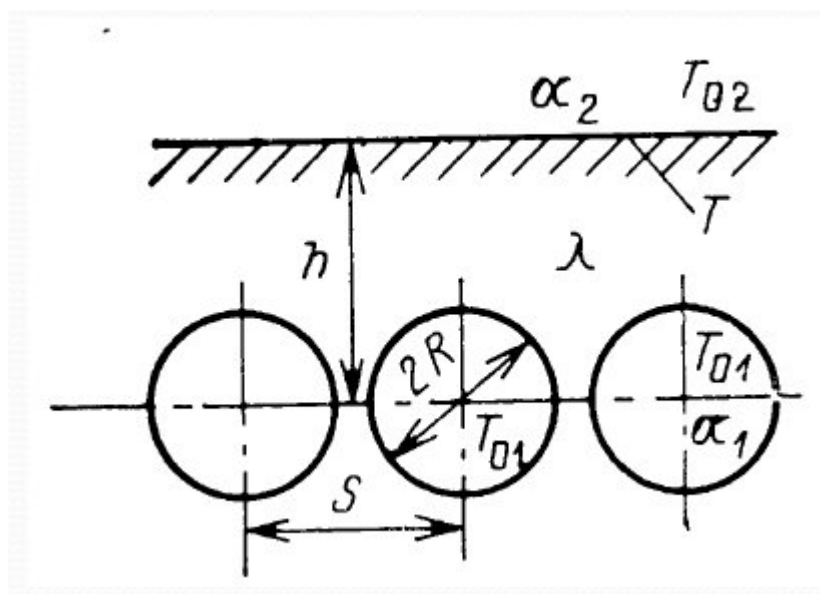


Рис. 3. Расчетная схема для определения теплового потока от одной из труб в массиве

Для учета влияния сопротивления теплопередаче воздушной прослойки в гофрированной трубе (рис.4) можно использовать формулы, приведённые в [3].

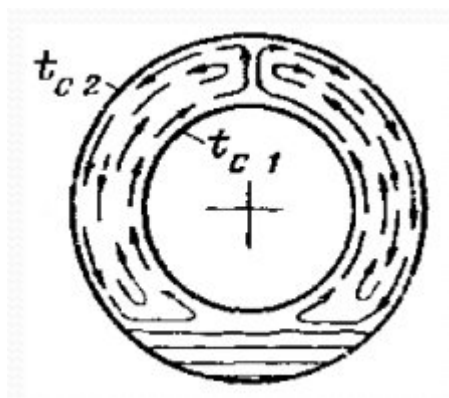


Рис. 4. Расчетная схема для учета влияния сопротивления теплопередаче воздушной прослойки в гофрированной трубе

Средняя плотность теплового потока  $q$  вычисляется по формуле [3]:

$$q = \frac{\lambda_{\text{экв}}}{\sigma} (t_{c1} - t_{c2}),$$

где  $\lambda_{\text{экв}}$  – эквивалентный коэффициент теплопроводности, учитывающий перенос теплоты через щель теплопроводностью и конвекцией;

$t_{c1}, t_{c2}$  – температуры стенок;

$\sigma$  – толщина прослойки.

Отношение  $\xi_k = \lambda_{\text{экв}}/\lambda$ , где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности жидкости, характеризует влияние конвекции на перенос теплоты через щель. Величина  $\xi_k$  является функцией  $\text{GrPr}$ . При  $[(\text{GrPr})_{\text{cr}} \sigma < 10^3]$ ,  $\xi_k = 1$  и  $\lambda_{\text{экв}} = \lambda$ , следовательно, передача теплоты от горячей стенки к холодной осуществляется только теплопроводностью. Для области значений  $(\text{GrPr})_{\text{cr}} \sigma > 10^3$  можно принять зависимость

$$\xi_k = 0,18(\text{GrPr})_{\text{cr}\sigma}^{0,25},$$

где  $\text{Gr}$  – число Грасгофа;

$\text{Pr}$  – число Прандтля;

$(\text{GrPr})_{\text{cr}\sigma}$  – комплекс, определяемый при размере  $\sigma$  и средней температуре жидкости.

$$t_{\text{cr}} = 0,5(t_{c1} + t_{c2}).$$

Для расчета коэффициента теплоотдачи от воды к стенке трубы можно также применить формулы из [3] и [4]:

$$\text{Nu}_{\text{ж(х)d}} = 0,21 \text{Re}_{\text{жд}}^{0,8} \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,43} (\text{Pr}_{\text{ж}}/\text{Pr}_c)^{0,25},$$

где  $\text{Nu}_{\text{ж(х)d}}$  – число Нуссельта, рассчитываемое для параметров жидкости, в трубе диаметром  $d$ ;

$Re_{jd}$  – число Рейнольдса, рассчитанное для параметров жидкости, в трубе диаметром  $d$ ;

$Pr_{ж}$  – число Прандтля, определенное для параметров жидкости;

$Pr_c$  – число Прандтля, определенное для параметров жидкости у стенки трубы.

Для определения значений теплового потока от труб используются зависимости, приводимые в [1],

$$q = C \left( \frac{\theta}{70} \right)^{1,2},$$

где  $C$  – коэффициент, принимаемый по [1] при  $\theta = 70^\circ\text{C}$ , Вт/м;

70 – нормативная разность температур (температурный напор),  $^\circ\text{C}$ ;

$\theta$  – фактическая разность среднеарифметической температуры теплоносителя в трубе и расчетной температуры воздуха в помещении,  $^\circ\text{C}$ , рассчитываемая по формуле

$$\theta = \frac{t_n - t_k}{2} - t_b,$$

где  $t_n$  и  $t_k$  – соответственно начальная и конечная температура теплоносителя;

$t_b$  – температура воздуха в помещении.

Во всех вышеприведенных формулах внутренний диаметр гофрированной трубы усредняется по впадинам и буграм. Строго говоря, это приближенная аналогия, поскольку гофра имеет сложную внутреннюю поверхность и, кроме того, трубопроводы в процессе работы деформируются при нагреве. Следует отметить, что наибольшее влияние на величину теплового потока оказывает расстояние между трубопроводами, и если оно достаточно велико, то теплоотдача соответствует данным [1]. С учетом вышеуказанных факторов тепловой поток может снизиться на 30 % по сравнению с открыто проложенными трубопроводами. Для более точного учета данных факторов нужны исследования на натурных образцах.

В качестве примера [5] были проведены расчёты для одного типового этажа (рис. 5) многоэтажного жилого дома с квартирами достаточно большой площади.

Оказалось, что тепловой поток от трубопроводов может достигать расчетных теплопотерь квартиры с учетом сокращающих коэффициентов, полученных аналитически (табл. 1). Для получения корректного результата следует рассматривать работу системы отопления одной квартиры с учетом понижения температуры теплоносителя в трубопроводах, а также необходимо применять итерации. Следует отметить, что стояк системы отопления в данном примере один на всю секцию, а квартирный коллектор расположен в коридоре в нише. Длина труб от коллектора до отдаленных квартир достигает 30–40 м.



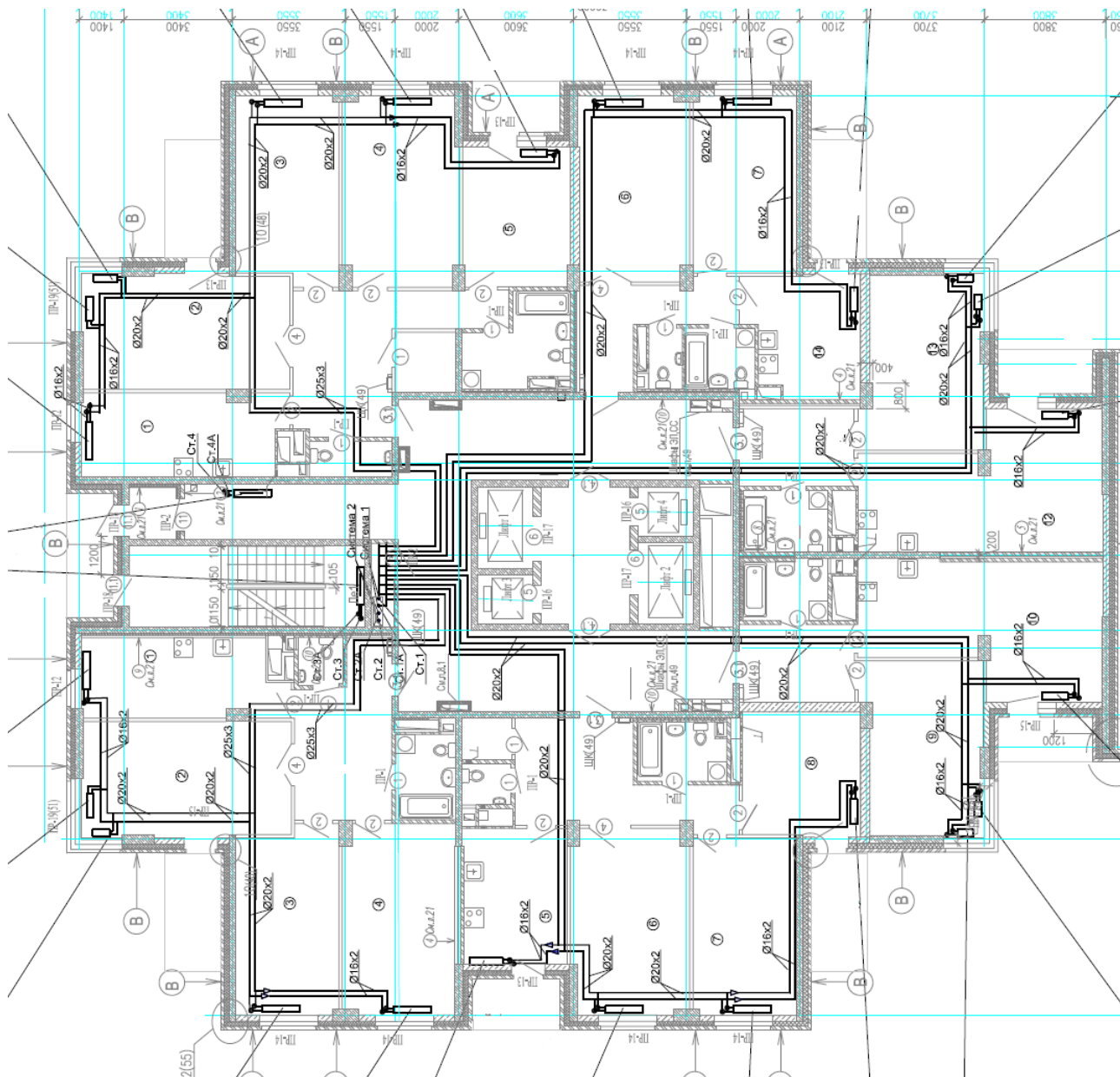


Рис. 5. План типового этажа

Таблица 1

### Тепловой поток с поверхности полимерных трубопроводов, проложенных в стяжке пола

Тип квартиры	Расчетные теплопотери квартиры, Вт	Суммарный тепловой поток от трубопроводов, Вт	Тепловой поток от трубопроводов в межквартирном коридоре, Вт
Трехкомнатная	5270	3000	450
Двухкомнатная	3200	1320	760
Однокомнатная	2480	2520	1370

Рассмотрено также влияние тепловых потоков от трубопроводов на температуру воздуха транзитных помещений, в которых они проложены. Например, для этажного коридора тепловой поток с поверхности трубопроводов от коллектора многократно перекрывает теплопотери, даже с учетом щели в притворах наружных дверей

эвакуационного выхода. Величина этого теплового потока значительно превышает тепловую мощность отопительного прибора, установленного в этом коридоре.

Трубопроводы обычно прокладываются через коридор и кухню квартиры до наружной стены и далее вдоль стен к отопительным приборам в комнатах. Наибольшее количество теплоты, таким образом, выделяется от трубопроводов именно в коридоре и кухне, где относительно низкие расчетные внутренние температуры. В кухнях, как показали расчёты, отопительный прибор по балансу теплоты вообще не нужен.

В жилых комнатах площадь поверхности отопительных приборов оказалась недостаточной для компенсации потерь теплоты с учетом нагрева санитарной нормы вентиляционного воздуха, так как вода при транзите значительно остывает (на 5–10°C). В большей степени это проявилось в однокомнатных квартирах, удаленных от коллектора, где расходы теплоносителя не столь велики. Наиболее охлажденной зоной является наружная стена с окном, через которое в помещение поступает наружный воздух. Вентиляционный приточный воздух не нагревается над отопительным прибором в полной мере и растягивается на подпитку тепловых струй, наиболее интенсивных в коридоре и кухне.

В межквартирном коридоре, где сосредоточена большая часть трубопроводов, поддержание нормируемой температуры, более низкой, чем в квартирах, может оказаться весьма проблематичным. Исходя из теплового баланса, воздух в коридоре должен быть значительно перегрет. Однако, как показывает практика, качество притворов дверей эвакуационных выходов весьма низкое, они часто не закрыты, так как жильцы ходят курить на лоджии, и, как следствие, расход инфильтрующегося воздуха в такие коридоры намного превышает расчетные значения, особенно на больших высотах, где скорость ветра возрастает. Двери лифтовых холлов также открыты, поскольку жильцы отсоединяют доводчики, и это создает благоприятные условия для интенсивных воздушных течений через лифтовые шахты. Кроме того, существуют шахты противодымной вентиляции и прочие пути.

Если квартиры или удаленные комнаты расположены на наветренном фасаде, то тепловая мощность приборов отопления будет недостаточной для нагрева вентиляционного воздуха. Для квартир, расположенных на заветренном фасаде, такая ситуация более благоприятна с точки зрения затрат и температурного комфорта, поскольку некоторую долю приточного воздуха они получают из межквартирного коридора. Это зависит от плотности притворов входных дверей. Двери после въезда в новую квартиру меняют не все.

Проведенные расчеты свидетельствуют о значительном влиянии тепловых потоков от трубопроводов на показания приборов учёта тепловой энергии, установленных рядом с коллектором, на значительном удалении от некоторых квартир. Так, для трехкомнатных

квартир, удалённых от коллектора, доля теплового потока с поверхности трубопроводов, проложенных вне квартир, может составлять 10–20 % от расчетных потерь теплоты всей квартиры, а для однокомнатных – достигать 100 %. Учитывая практические проблемы с инфильтрацией межквартирных коридоров, можно полагать, что владельцы однокомнатных квартир (для данного расчетного примера) заплатят двойную плату за потребление тепловой энергии, половина которой уйдет на нагрев улицы.

### **Библиографический список**

1. СП 41-102-98. Свод правил по проектированию и строительству. Проектирование и монтаж трубопроводов систем отопления с использованием металлополимерных труб. [Текст]. – М.: ГУП ЦПП, 1998.
2. Кутателадзе С.С. Теплопередача и гидродинамическое сопротивление [Текст]: справочное пособие / С.С. Кутателадзе. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 367 с.
3. Исаченко В.П. Теплопередача [Текст]: учебник для технических специальностей высших учебных заведений / В.П. Исаченко, В.А. Осипова, А.С. Сукомел. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: "Энергоиздат", 1981. – 415 с.
4. ASHRAE Handbook: Fundamentals, Chapter 3: Heat Transfer. American Society of Heating, Refrigerating and Air - Conditioning Engineers, University of Virginia, 2005. 46 p.
5. Устьянцев П.В., Ширяева Н.П., Маляр Е.А. Влияние тепловых потоков с поверхности трубопроводов, проложенных в стяжке пола, на тепловой режим зданий повышенной этажности. // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы XIV Международной научн. конф. (Афины, 18 - 29 сент. 2016 г.). – Волгоград, 2016. – С.307-312.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ ИЗ  
АСБЕСТОЦЕМЕНТНЫХ ОТХОДОВ И  
КЕРАМЗИТОВОЙ КРОШКИ НА  
ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ  
ГИПСОБЕТОНА**

*Ярцев В. П.*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов,  
Россия, kzis@mail.nnn.tstu.ru

*Репина Е. И.*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов,  
Россия, kzis@mail.nnn.tstu.ru

*Шеверда В. В.*

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов,  
Россия, kzis@mail.nnn.tstu.ru

**Аннотация.** Изучено влияние наполнителей из строительных отходов на основные эксплуатационные параметры гипсобетона. Установлены оптимальные концентрации и размеры зерен наполнителей. Получены экспериментальные результаты при длительных испытаниях до разрушения и предельной скорости деформирования в широком диапазоне нагрузок и температур. Определены значения физических и эмпирических констант при разрушении поперечным изгибом и деформированием при пенетрации, позволяющих рас считать долговечность наполненного гипсобетона при заданных параметрах эксплуатации.

**Ключевые слова:** гипсобетон, асбоцементные отходы, керамзитовая крошка оптимальная концентрация, размер зерен наполнителя, прочность, предельная скорость деформирования, термофлуктуационные константы, долговечность.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**EFFECT OF FILLERS OF ASBESTOS WASTE  
AND CLAY CRUMBS ON THE STRENGTH  
AND DURABILITY OF GYPSUM CONCRETE**

*Yartsev V. P.*

Tambov state technical university, Tambov, Russia, kzis@mail.nnn.tstu.ru

*Repina E. I.*

Tambov state technical university, Tambov, Russia, kzis@mail.nnn.tstu.ru

*V.V. Cheverda*

Tambov state technical university, Tambov, Russia, kzis@mail.nnn.tstu.ru

**Abstract.** The influence of fillers from construction waste on the main operational parameters of gypsum concrete is studied. Optimum concentrations and sizes of filler grains were established. Experimental results were obtained for long-term tests before failure and the ultimate deformation rate in a wide range of loads and temperatures. The values of physical and empirical constants are determined for destruction by transverse bending and deformation at penetration, allowing one to calculate the durability of filled gypsum concrete at specified operating parameters.

**Key words:** gypsum concrete, asbestos cement waste, expanded clay aggregate, optimal concentration, filler grain size, strength, ultimate deformation rate, thermofluctuation constants, durability.

В процессе эксплуатации конструкции находятся под действием кратковременных и длительных нагрузок и знакопеременных температур, которые приводят к разрушению материала.

Объектом исследования был выбран гипсобетон. В качестве вяжущего использовали строительный гипс марки Г4, заполнитель – песок с модулем крупности 0,85, наполнитель из отходов асбестоцементных листов с размером зерен 5–10 мм и воду для затворения бетонной смеси по ГОСТ 23732-79 [1].

Укладку и уплотнение проводили сразу после изготовления бетонной смеси [2, 3]. Формы заполняли слоями не более 1 см. Каждый слой уплотняли штыкованием стальным стержнем – диаметром 16 мм с закругленным концом. Число нажимов стержня рассчитывали из условия, чтобы один нажим приходился на  $10 \text{ мм}^2$  верхней открытой поверхности образца, штыкование выполняли равномерно по спирали от краев формы к ее середине. После окончания укладки и уплотнения бетонной смеси в форме верхнюю поверхность образца заглаживали шпателем.

Образцы изготавливали в виде балочек с размерами  $20 \times 20 \times 100$  мм для испытаний на поперечный изгиб, а после разрушения их нарезали кубиками с размером ребра 20 мм для испытаний на центральное сжатие.

Для длительных механических испытаний в режиме заданного постоянного напряжения использовали многопозиционные стенды [4].

Кратковременные механические испытания гипсобетона с добавкой АЦО проводили в режиме заданной скорости нагружения при сжатии и изгибе на лабораторном рычажном стенде [4] и гидравлическом прессе ИП-500. По результатам испытаний построены зависимости прочности от содержания АЦО. Пример показан на рис. 1.

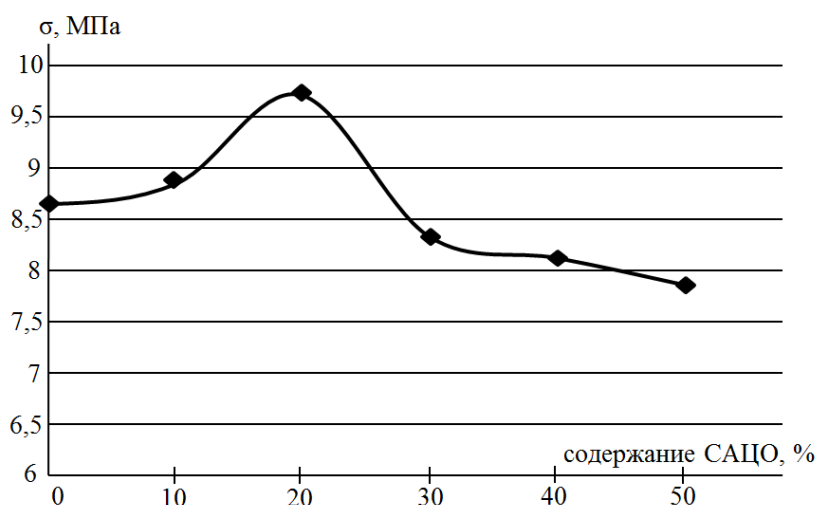


Рис. 1. Зависимость прочности гипсобетона от содержания АЦО при сжатии

Зависимость прочности при сжатии и изгибе от содержания АЦО носят экстремальный характер. Своего максимума она достигает при введении 20 % АЦО по массе.

Для изучения влияния добавки керамзита на прочностные характеристики бетона, в исходный материал с содержанием 20 % АЦО, вводили керамзитовую крошку (КК) в количестве 25 %, 50 % и 75 % от массы АЦО с различным размером зерен наполнителя (0,63; 2,5; 5 и 10 мм) [5]. Разделение по фракциям проводили на механическом грохоте. Результаты исследования представлены на рис. 2.

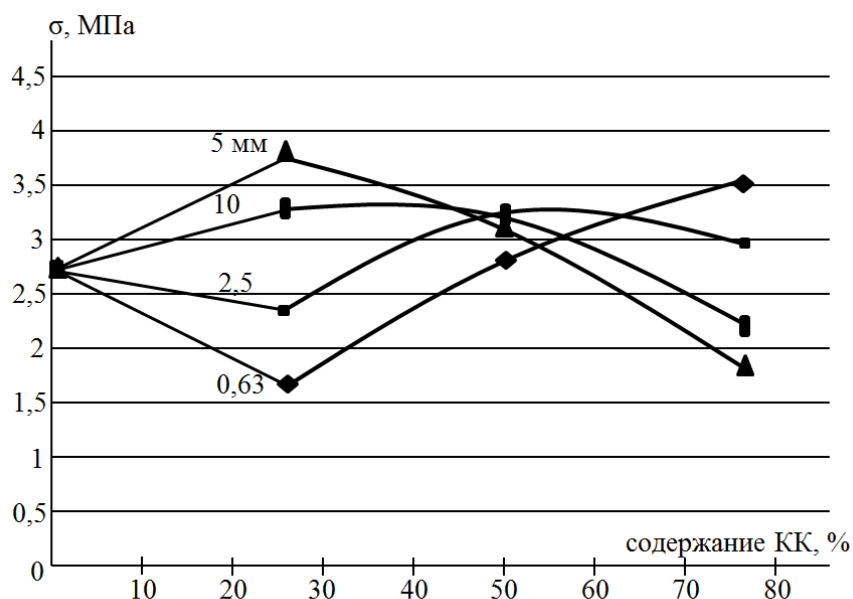


Рис. 2. Зависимость прочности гипсобетона при изгибе от процентного содержания керамзитовой крошки различных фракций.

Из рисунка видно, что введение керамзитовой крошки фракции 0,63 мм, приводит к увеличению прочности при максимальном ее содержании 75 % от массы АЦО. Фракции 5 и 10 мм приводят к увеличению прочности при содержании 50 % и 75 %. Фракция 5 мм увеличивает прочность бетона при содержании 25 % и 50 %. Введение керамзитовой крошки по массе АЦО 25 % фракции 0,63 мм, приводит к заметному снижению прочности.

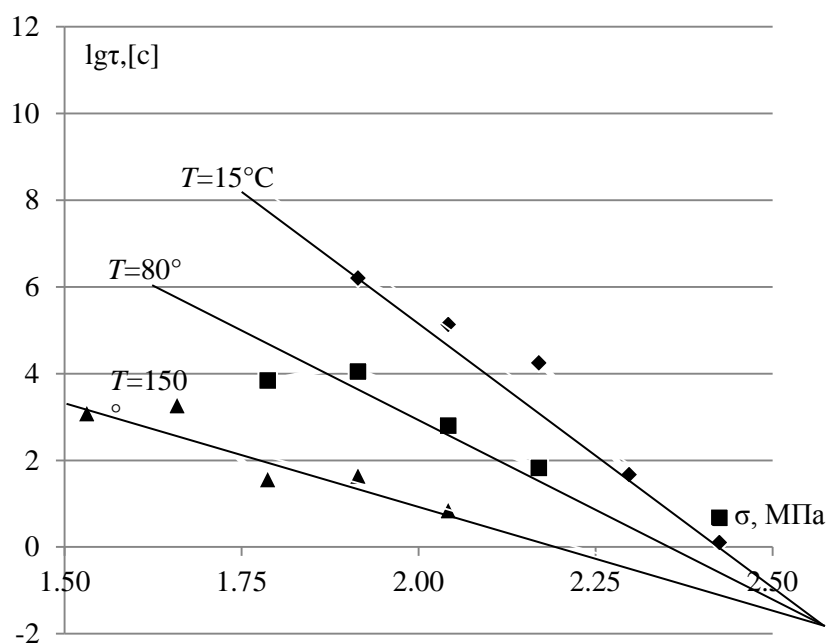
Таким образом, увеличение прочности при введении исследованных фракций наблюдается при максимальном их содержании. Для крупных фракций, прочность увеличивается при введении минимального количества керамзитовой крошки. Это обусловлено тем, что при введении большого количества керамзитовой крошки фракции 5 мм и 10 мм не хватает вяжущего для обволакивания наполнителя. При содержании 75 % КК фракции 0,63 мм, керамзит заполняет промежутки между более крупным наполнителем – АЦО, что и приводит к увеличению прочности.



Для изучения закономерностей разрушения и деформирования гипсобетона с заполнителем из сухих асбестоцементных отходов (САЦО) были проведены длительные испытания при поперечном изгибе и пенетрации [6].

Длительные испытания проводили в режиме заданных постоянных напряжений ( $\sigma$ ) и температур ( $T$ ) до разрушения и предельного погружения индекатора, фиксируя время от момента нагружения до наступления критического события. Результаты испытаний при поперечном изгибе обрабатывали в координатах  $\lg \tau$ – $\sigma$  при указанных температурах (пример показан на рис. 3).

а)



б)

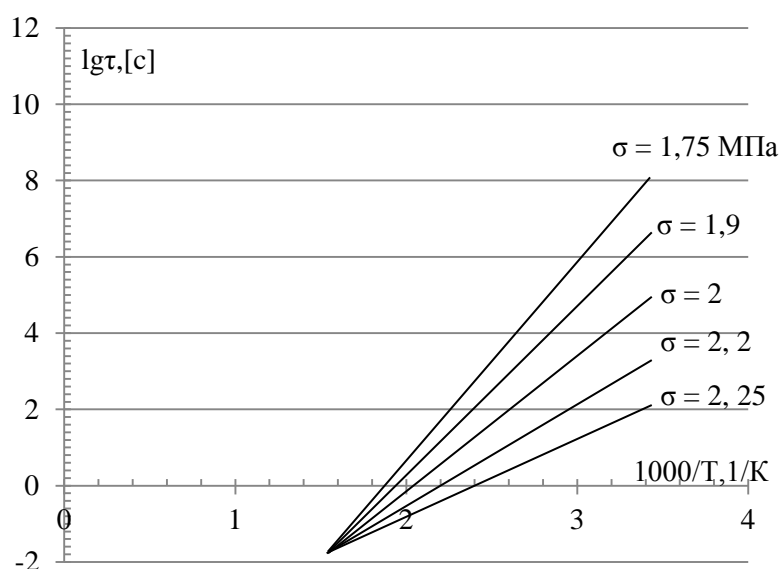


Рис. 3. Зависимости при поперечном изгибе гипсобетона с добавкой САЦО: а – времени до разрушения от напряжения; б – обратной температуры

Из рис. 3а видно, что экспериментальные зависимости представляют собой семейства веерообразных прямых и описываются уравнением [7]:

$$\tau = \tau_m \exp \left[ \frac{U_0 - \gamma \sigma}{R} (T^{-1} - T_m^{-1}) \right], \quad (1)$$

где  $\gamma$ ,  $\tau_m$ ,  $U_0$ , и  $T_m$  – физические константы ( $\gamma$  – структурно-механическая константа,  $\tau_m$  – период колебания кинетических единиц,  $U_0$  – максимальная энергия активации разрушения,  $T_m$  – предельная температура существования материала),  $R$  – универсальная газовая постоянная.

Для расчета физических констант зависимость  $\lg \tau - \sigma$  перестраивали в координаты  $\lg \tau - 10^3/T$  (рис. 3б). Константы  $\tau_m$  и  $T_m$  определяли как координаты точки пересечения (полюса) этих прямых. По формуле

$$U = 2,3 \times 8,4 \times \frac{\Delta \lg \tau}{\Delta (10^3 / T)}$$

рассчитали значения эффективных энергий активации и в координатах  $U - \sigma$  экстраполяцией определили  $U_0$ , по тангенсу угла наклона этой прямой –  $\gamma$ .

Значения всех физических констант исследуемых материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Значения физических констант уравнения (1) для наполненного гипсобетона**

Состав композиции	Вид испытаний	$U_0$ , кДж/моль	$T_m$ , К	$\tau_m$	$\gamma$ , кДж/(моль×МПа)
Бетона с В:Г=0,5. АЦО:Г=0,2	Поперечный изгиб	319	645,16	0,0178	142,75
Бетона с В:Г=0,5. АЦО:Г=0,2 КК:АЦО=0,75	Поперечный изгиб	364	546,45	0,0063	107,76

Из таблицы видно, что константы связаны с составом и структурой гипсобетона.

Величина энергии активации  $U_0$  указывает на ведущую роль гипса в процессе разрушения; а температура полюса  $T_m$ , период колебания кинетических единиц  $\tau_m$  и структурно-механическая константа  $\gamma$  – на определяющее влияние керамзитовой крошки на механизм разрушения. Эти три константы существенно падают при введении керамзитовой крошки: температура полюса на  $100^\circ$ , период колебаний кинетических единиц в 3 раза, структурно-механическая константа в 1,5 раза. Все это связано с более плотной упаковкой заполнителя.

При пенетрации в теле одновременно возникают два процесса: деформирование и разрушение. Они протекают с разной скоростью, и обнаруживается тот процесс, для

реализации которого требуется меньше времени. Деформирование происходит через перегруппировку, т.е. разрыв и последующее возникновение межмолекулярных связей. Разрушение же тела (разделение на части) требует разрыва химических связей в основной цепи. Однако оба процесса имеют кинетическую (термофлуктуационную) природу и ведущим при этом является деформирование. Оно описывается уравнением вида Аррениуса [8]:

$$V = V_m \exp \cdot (-(E - \kappa P)/RT) \quad (2)$$

где  $V$  – скорость пенетрации,  $P$  – нагрузка,  $T$  – температура пенетрации,  $E$  – кажущаяся энергия активации процесса пенетрации,  $V_m$  – предельная скорость погружения индентора,  $\kappa$  – структурный коэффициент,  $R$  – универсальная газовая постоянная

Испытания на пенетрацию проводили на твердомере с индентором в виде шарика Ø 5 мм. Глубину погружения фиксировали индикатором часового типа с точностью измерения 0,01 мм. Постоянные повышенные температуры создавали с помощью накладной термокамеры с разбросом  $\pm 1^\circ \text{C}$  [9]. Пример экспериментальных результатов представлен на рис. 4.

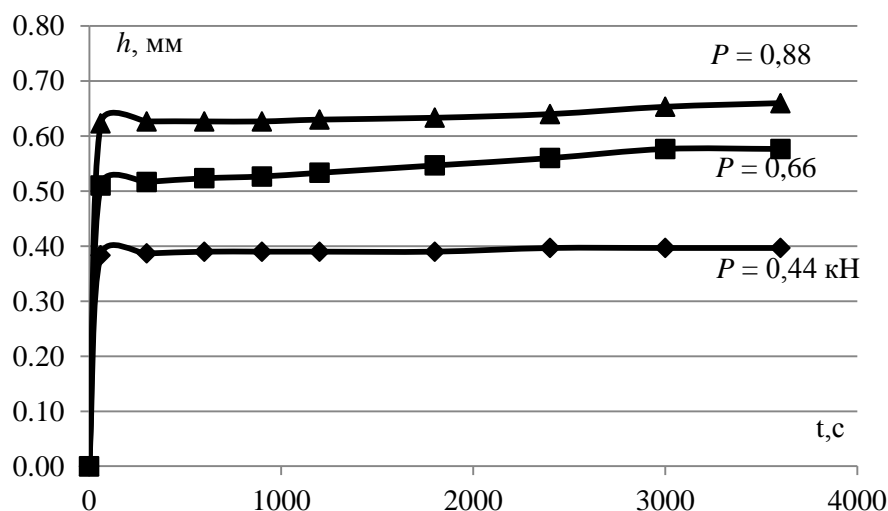


Рис. 4. Зависимость глубины погружения индентора от времени при  $T = 25^\circ \text{C}$

Полученные кинетические кривые обрабатывали методом графоаналитического дифференцирования [10]. Пример показан на рис.5, 6, 7.

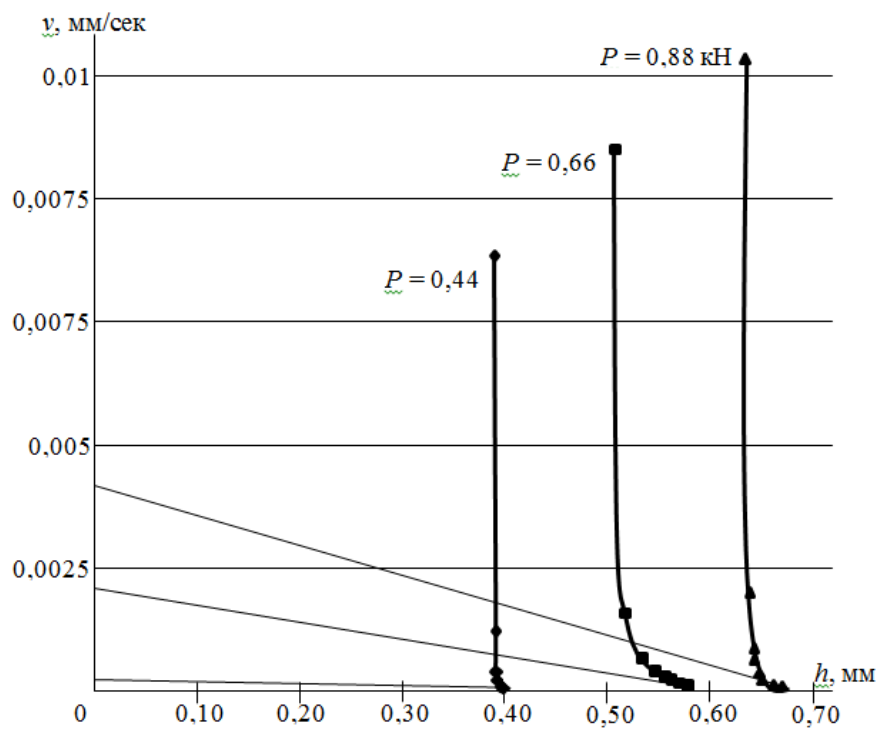


Рис. 5. Зависимость скорости от глубины погружения при  $T = 25^\circ\text{C}$

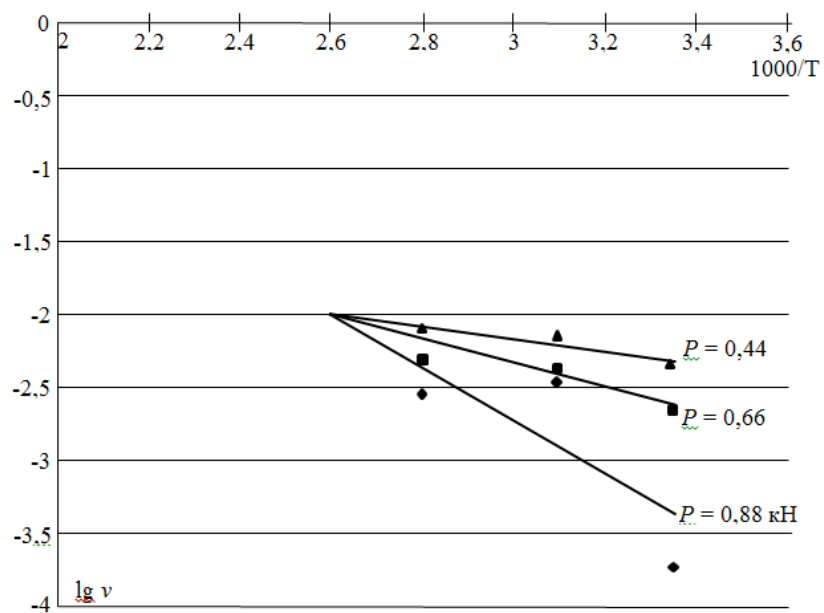


Рис. 6. Зависимость логарифма скорости от обратной температуры

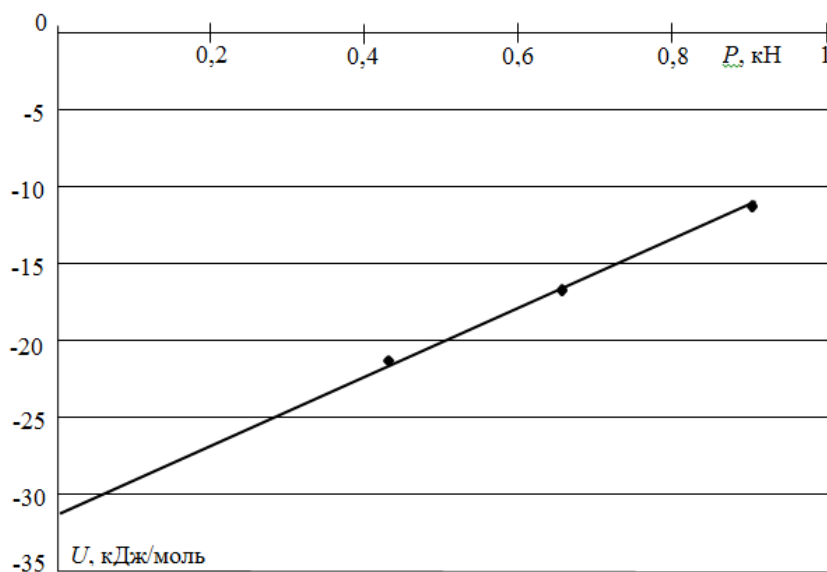


Рис. 7. Зависимость эффективной энергии активации от нагрузки при пенетрации гипсобетона с добавкой САЦО

Константы, рассчитанные из зависимостей на рис. 5, 6, 7 представлены в табл. 2.

Таблица 2.

Значения эмпирических констант уравнения вида Аррениуса при пенетрации наполненного гипсобетона

Состав композиции	$E$ , кДж/моль	$T_m$ , К	$v_m$ , мм/с	$\chi$ , кДж/(моль·кН)
Бетон с В:Г=0,5. АЦО:Г=0,2	-32	384,6	0,01	23,168
Бетон с В:Г=0,5. АЦО:Г=0,2 КК:АЦО=0,75	-7,8	450,5	0,002	19,21

Подставив значения констант в уравнение (2) можно рассчитать скорости погружения индентора (а также твердость) [11] в реальных условиях эксплуатации наполненного гипсобетона с АЦО.

Если сравнивать между собой величины констант при поперечном изгибе и пенетрации, то можно выявить следующее: во всех случаях наблюдается изменение величины предэкспоненты. Следовательно, в данных процессах участвуют сегменты разной величины. Однако для материалов близки величины температуры полюса. Что, по-видимому, связано с превалирующей ролью в данных процессах гипсовой матрицы [12].

### Библиографический список

- ГОСТ 23732-79 (1993) Вода для бетонов и растворов. Технические условия
- Рыбьев И.А. Строительное материаловедение/Рыбьев И.А.// М.: Высш.шк., 2003. 701 с.
- Баженов Ю.М. Способы определения состава бетона различных видов./ учебное пособие для вузов // М.: Стройиздат, 1974. – 560 с.

4. Ярцев В.П. Прогнозирование работоспособности полимерных материалов в деталях и конструкциях зданий и сооружений. печ. Учебное пособие, Тамбов: изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, Рекомендовано УМО РФ. 2001. 149 с.
5. Ефремов И.В. Влияние керамзитовой крошки на прочность гипсобетона с заполнителем из САЦО/ Ефремов И.В., Ярцев В.П.// Проблемы ноосферной безопасности и устойчивого развития, Тамбов 2010 с 180 - 182.
6. Ярцев В.П. Влияние сухих асбестоцементных отходов на прочность и долговечность гипсобетона/ Ярцев В.П., Ефремов И.В.// Сборник научных трудов VII международной научно-практической интернет-конференции «Составление современной строительной науки 2009», Полтава, 2009, Полтава, 2009. С.92-95.
7. Ратнер С.Б., Ярцев В.П. Физическая механика пластмасс. Как прогнозируют работоспособность? - М.: Химия, 1992. 320 с.
8. Ярцев В.П. Метод оценки растворимости каучуков. Каучук и резина. - 1989. - №4. - С. 31-32.
9. Ярцев В.П., Воронков А.Г. Эпоксиддревесные полимеррастворы для ремонта и защиты строительных изделий и конструкций. Учебное пособие (рекомендовано УМО вузов РФ), – Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2006. – 92 с.
10. Мадорский С. Термическое разложение органических полимеров. Изд-во «Мир». М., 1967, 340 с.
11. Ярцев В.П., Долженкова М.В. Закономерности деформирования кровельных битумно-полимерных композитов при пенетрации. Сборник материалов VI Междунар. научно-техн. конф. «Актуальные проблемы строительства и строительной индустрии». – Тула, 2005 С. 76-77.
12. Ярцев В.П. Физико-технические основы работоспособности органических материалов в деталях и конструкциях. Дисс. Доктора техн. Наук.- Воронеж, 1998.- 350 с.

**ОПТИМИЗАЦИЯ РЕСУРСОВ  
НА ВСЕХ ЭТАПАХ  
ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЗДАНИЯ**

**OPTIMIZATION OF RESOURCES  
AT ALL STAGES OF  
THE BUILDING LIFE CYCLE**



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ ПОВЫШЕНИЯ ЦЕНЫ ЗА ОТОПЛЕНИЕ**

*Васильев А. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, alexander\_vasilev\_888@inbox.ru

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам основных факторов повышения цены за отопление. Главное достоинство нового метода расчета – это простота расчета значимости основных факторов. В современной научной деятельности стала очень востребованной методика факторной обработки (анализа) экспериментальных данных. Факторное планирование (многофакторный эксперимент, факторный эксперимент, факторный анализ) удобно применять, когда необходимо определить зависимость какой-то одной величины от других. Данный метод позволит определять причины повышения цены за отопление и выявлять причины необоснованного повышения цен. Многофакторные эксперименты с большим числом уровней комбинируемых факторов могут служить предметом регрессионного анализа, причем весьма широкие горизонты открывает в этом случае использование вычислительных машин.

**Ключевые слова:** многофакторный эксперимент, метод случайного баланса, отопление, потери тепла, стоимость отопления.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **DETERMINATION OF THE MAIN FACTORS FOR INCREASING THE PRICE OF HEATING**

*Vasilev A. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, alexander\_vasilev\_888@inbox.ru

**Abstract.** The article is devoted to the main issues of increasing heating prices. The main advantage of the new calculation method is the simplicity of calculating the significance of the main factors. In modern scientific activity, the technique of factor processing (analysis) of experimental data has become very popular. Factor planning (multifactorial experiment, factor experiment, factor analysis) is convenient to use when it is necessary to determine the dependence of a single quantity on others. This method allows you to determine which parameters raise heating prices and identify the reasons for unreasonable price increases. Multifactor experiments with a large number of resources that can be useful in the analysis of regression analysis, as well as for wide horizons in this case the use of computers.

**Key words:** multifactor experiment, random balance method, heating, heat loss, heating cost.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Метод случайного баланса имеет широкое применение в самых разных областях, в первую очередь при исследовании различных технологических процессов. По методу проводят опыты по выбору факторов, существенно влияющих на объект исследования. Метод случайного баланса был предложен Саттерзвайтом в 1956 г. Идея метода заключается в постановке экспериментов по плану, содержащему координаты точек, выбранных случайным образом. Число точек должно превышать число факторов.

Метод случайного баланса предназначен для выделения наиболее существенных входных переменных среди большого числа линейных факторов и парных взаимодействий в многофакторном процессе. При построении регрессии, линейной по параметрам, требуется включать все или, по крайней мере, все существующие входные переменные. Это связано с требованием получения модели, адекватной рассматриваемому объекту. Привлечение всего множества переменных к составлению математического описания требует большого объема экспериментальных и вычислительных работ. Поэтому возникает задача предварительного отсеивания несущественных переменных и выделение тех входных величин, которые оказывают наиболее заметные влияния на отклики системы.

Опыты для определения коэффициентов регрессии должны быть поставлены по строгому плану. Для каждого фактора, исследуемого в данном эксперименте, выбирается условный уровень  $0_{x_i}$ , то есть такие значения переменных, в области которых начинается изучение процесса с целью получить направление от выбранного условного нулевого уровня к оптимальным значениям факторов. Если выбор условного нулевого уровня не диктуется какими-либо теоретическими или практическими соображениями, то он может быть совершенно произвольным.

Для тех же факторов выбираются единицы варьирования  $\lambda_i$ . Это те величины, на которые в данном опыте мы меняем условия по каждому фактору в сторону увеличения или уменьшения его от нулевого уровня. В каждом конкретном случае единицы варьирования задаются исходя из опыта и интуиции исследователя.

Уровни  $0_{x_i} - \lambda_i$  и  $0_{x_i} + \lambda_i$  обозначим символами  $-1$  или  $+1$ .

После выбора  $0_{x_i}$  и  $\lambda_i$  составляется матрица планирования. При ее составлении исходят из того, что в данном эксперименте факторов, варьируемых на верхнем и на нижнем уровнях ( $0_{x_i} - \lambda_i$ ,  $0_{x_i} + \lambda_i$ ). Необходимое число вариантов опыта равно

$$2^i = N,$$

где  $i$  – количество исследуемых факторов

Для трех факторов, матрица планирования, включающая восемь вариантов, представлена в табл. 1.

Таблица 1

Матрица планирования

№ варианта	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y$
1	+1	+1	+1	+1	$y_1$
2	+1	+1	+1	-1	$y_2$
3	+1	+1	-1	+1	$y_3$
4	+1	-1	+1	+1	$y_4$
5	+1	-1	-1	-1	$y_5$
6	+1	+1	-1	-1	$y_6$
7	+1 $x_1$	-1	-1	+1	$y_7$
8	+1	-1	+1	-1	$y_8$

Во втором столбце приведены значения фиктивной переменной  $x_0 = +1$ , вводимой формально для расчетов  $b_0$ ; в третьем, четвертом, пятом – значения переменных  $x_1, x_2, x_3$ ; в последнем – значения результатов наблюдений в каждом из восьми опытов.

В зависимости от числа изучаемых факторов, определяющих процесс, записывается уравнение регрессии в общем виде без членов высших порядков. Для трех факторов оно имеет вид

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3, \quad (1)$$

где  $x_1, x_2, x_3$  – значения факторов;

$b_0$  – свободный член, равный выходу при  $x_i = 0$ ;

$b_1, b_2, b_3$  – коэффициенты регрессии соответствующих факторов, указывающие на влияние того или иного фактора на изучаемый процесс.

В основу расчета положена матрица планирования эксперимента. В исследовании необходимо выделить небольшое число факторов, определяющих эффективность процесса на фоне остальных, относящихся к шумовому полю. Таким образом, необходимо провести отсеивающий эксперимент, для реализации которого используется метод случайного баланса.

Таблица 2

Значения факторов

Износ тепловых сетей		Потери тепла при транспортировке к потребителю		Потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл	
$+x_1$	$-x_1$	$+x_2$	$-x_2$	$+x_3$	$-x_3$
1,3	1	1,3	1	1,5	1

На основании результатов составляем таблицу (табл. 3).

На первом этапе составляют диаграмму рассеяния. По оси абсцисс откладывают значения уровней факторов, по оси ординат. параметр оптимизации (значения  $y$ ). Слева от каждой ординаты отмечаются те значения выхода, которые соответствуют положению данного фактора на нижнем уровне  $-1$ , справа – на верхнем  $X_i = +1$ .

Результаты расчета стоимости

№ точки	Процент износа тепловых сетей	Потери тепла (в процентах) при транспортировке к потребителю	Потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл	Стоимость, руб.
	x1	x2	x3	y
1	+1	+1	+1	4283
2	+1	+1	-1	2856
3	+1	-1	+1	3295
4	-1	+1	+1	3295
5	-1	-1	-1	1690
6	+1	-1	-1	2197
7	-1	-1	+1	2535
8	-1	+1	-1	2197

После нанесения опытных данных на диаграмму (показаны точками) для каждого уровня находят медиану (по обе стороны от медианы число точек одинаковое, сказать, если количество точек нечетное). Разность между медианами характеризует роль фактора. Мы будем выделять по одному значимому фактору.

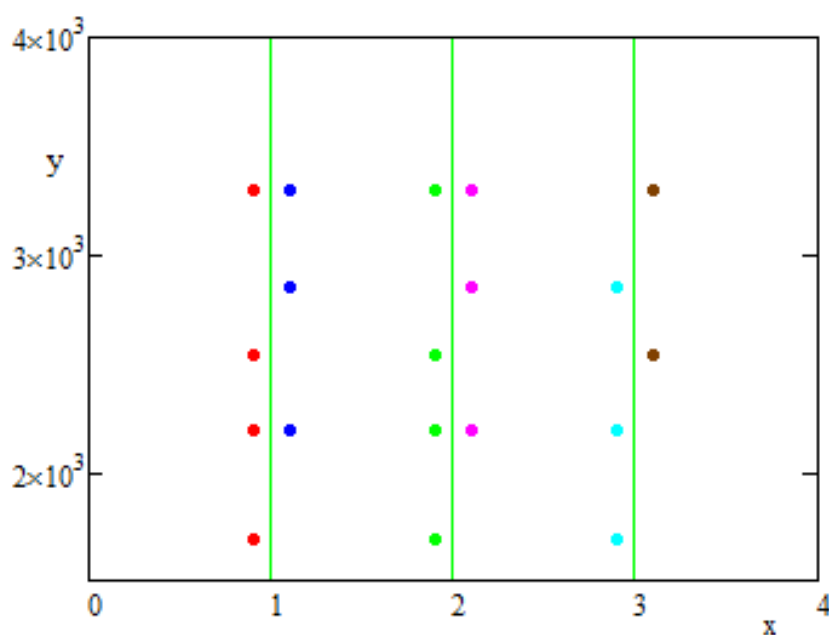


Рис. 1. Диаграмма рассеяния

Диаграмма рассеяния служит для иллюстрации метода последовательного выделения существенных переменных.

Разность между медианой справа (при  $x_i = +1$ ) и медианой слева (при  $x_i = -1$ ) называется вкладом  $x_i$  в отклик и обозначается  $B_{x_i}$ .

$$B_{x_i} = M_i\{y\}|_{x_i=+1} - M_i\{y\}|_{x_i=-1} \quad (2)$$

Таблица 4

## Результаты расчета разницы медиан

$Me(+x_1)$	3158	$B_{x_1}$	728
$Me(-x_1)$	2429		
$Me(+x_2)$	3158	$B_{x_2}$	728
$Me(-x_2)$	2429		
$Me(+x_3)$	3352	$B_{x_3}$	1117
$Me(-x_3)$	2235		

Самым существенным фактором является  $x_3$

Теперь необходимо провести исключение его влияния из рассмотрения. Процедуру исключения называют стабилизацией. Для стабилизации фактора на нижнем уровне  $x_3$  вычтем вклад  $B_{x_3}$  со своим знаком из значения  $y_i$  в тех  $N$  точках, где  $x_3 = +1$ . Значение  $y$  на уровне  $x_3 = -1$  остается неизменным. Результаты преобразования значений представлены в табл. 5.

Таблица 5

## Результаты расчета стоимости

№ точки	Процент износа тепловых сетей	Потери тепла (в процентах) при транспортировке к потребителю	Потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл	Стоимость, руб	Стоимость, руб
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$y$	$y_1$
1	+1	+1	+1	4283	3166
2	+1	+1	-1	2856	2856
3	+1	-1	+1	3295	2178
4	-1	+1	+1	3295	2178
5	-1	-1	-1	1690	1690
6	+1	-1	-1	2197	2197
7	-1	-1	+1	2535	1417
8	-1	+1	-1	2197	2197

Используя новый столбец, строим новую диаграмму рассеяния и уже по ней определяем следующий фактор, имеющий наибольший вклад. Далее процедура повторяется. Процесс выделения существенных переменных прекращается, когда на очередной диаграмме рассеяния  $B$  оказываются статически одинаково малыми.

Таблица 6

## Результаты расчета разницы медиан

$Me(+x_1)$	1870	$B_{x_1}$	728
$Me(-x_1)$	2599		
$Me(+x_2)$	1870	$B_{x_2}$	728
$Me(-x_2)$	2599		

Самым существенным фактором является  $x_2$  и  $x_3$

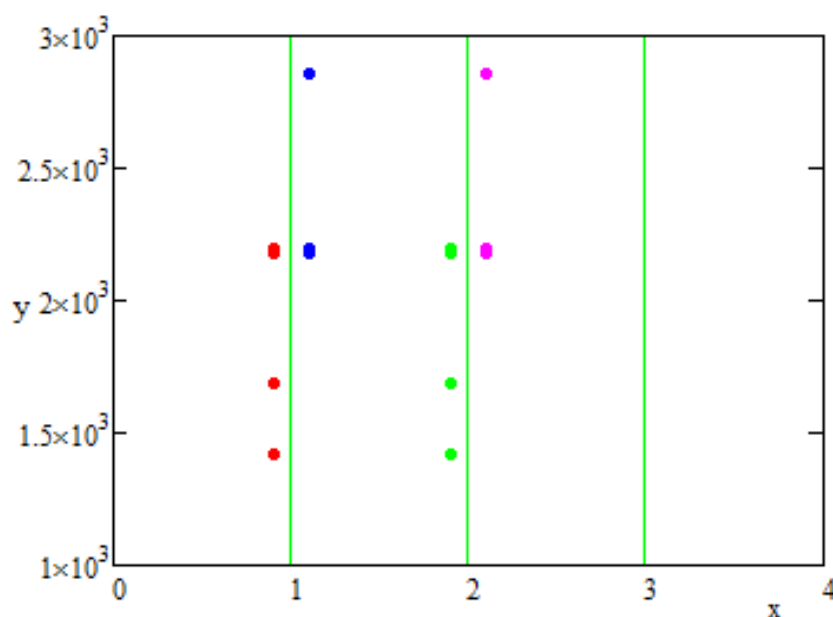


Рис. 2. Диаграмма рассеяния

Вследствие вышеизложенного, можно сделать вывод, что самым незначительным в сравнении с другими факторами повышения цены за отопления является  $x_1$ .

Таким образом, установлено, что при варьировании изучаемых независимых переменных в выбранных пределах результат определяется в основном влиянием фактора  $x_3$

Определяем коэффициенты уравнения:

$$b_0 = (y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5 + y_6 + y_7 + y_8) / N; \quad (3)$$

$$b_1 = (y_1 + y_2 + y_3 - y_4 - y_5 + y_6 - y_7 - y_8) / N; \quad (4)$$

$$b_2 = (y_1 + y_2 - y_3 + y_4 - y_5 - y_6 - y_7 + y_8) / N; \quad (5)$$

$$b_3 = (y_1 - y_2 + y_3 + y_4 - y_5 - y_6 + y_7 - y_8) / N; \quad (6)$$

Подставляя численные значения в формулы (3–6), находим:

$$b_0 = (4240 + 2850 + 3533 + 3711 + 2078 + 2375 + 3092 + 2494) / 8 = 2793;$$

$$b_1 = (4240 + 2850 + 3533 - 3711 - 2078 + 2375 - 3092 - 2494) / 8 = 364;$$

$$b_2 = (4240 + 2850 - 3533 + 3711 - 2078 - 2375 - 3092 + 2494) / 8 = 364;$$

$$b_3 = (4240 - 2850 + 3533 + 3711 - 2078 - 2375 + 3092 - 2494) / 8 = 558,5.$$

или

$$b_1 = 0.5 \cdot B_1 = 0.5 \cdot 728 = 364; \quad (7)$$

$$b_2 = 0.5 \cdot B_2 = 0.5 \cdot 728 = 364; \quad (8)$$

$$b_3 = 0.5 \cdot B_3 = 0.5 \cdot 1117 = 558.5. \quad (9)$$

В результате получаем модель.

Уравнение регрессии:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{r=k+1}^n b_r x_r, \quad (10)$$

где  $k$  – число значимых переменных;

$n - k$  – число незначимых переменных.

$$Y = 2793 + 364x_1 + 364x_2 + 558.5x_3$$

Вывод: Отсюда можно сделать вывод, что все факторы в нашем уравнении значимые, нельзя отбросить ни один фактор из четырех. Самые значимые фактор это  $x_3$ , т.е. потребление тепла в зависимости от теплозащиты здания, ГКалл

### Библиографический список

1. ТАСС. Информационное агентство России. Режим доступа : <http://tass.ru/glavnie-novosti/684464>
2. Федеральная служба государственной статистики. Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund/](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/enterprise/fund/)
3. Цивин М.Н. Многофакторный эксперимент: графическая интерпретация данных – К., ИГиМ, 2002. – 120 с.



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ВОДОПОНИЖЕНИЕ ГРУНТОВЫХ ВОД  
КАК НЕОБХОДИМАЯ ЗАДАЧА  
НАЧАЛЬНОГО ЭТАПА СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Игидов Т. Ш.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Росси, tural-94@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается сущность водопонижения как необходимая задача начального этапа строительных работ. Автор рассматривает ключевые способы удаления вод из грунта. В качестве объекта исследования взяты мероприятия по отводу вод от жилого дома, оборудованного подземной автостоянкой.

**Ключевые слова:** водопонижение грунтовых вод; водоотлив; иглофильтры; водопонижающие скважины; поверхностный, подземный и комбинированный способы.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **DEWATERING OF GROUNDWATER AS THE ESSENTIAL OBJECTIVE OF THE INITIAL PHASE OF CONSTRUCTION**

*Igidov T. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, tural-94@mail.ru

**Abstract.** The article deals with the essence of drawdown as a necessary task of the initial stage of construction. The author examines the key methods for removing water from the soil. As object of study taken measures to drain water from residential houses with underground Parking.

**Key words:** dewatering of groundwater; dewatering; well point; surface, underground and combined methods.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Проблематика организации строительного водопонижения грунтовых вод всегда привлекала внимание специалистов не только теоретиков, но и практических работников. Данный факт обусловлен тем, что под водопонижением целесообразно понимать комплекс мероприятий, нацеленных на минимизацию вредного влияния грунтовых вод на фундамент. Проведение подобных работ необходимо в связи с тем, что расположение подземных вод вблизи объекта строительства может препятствовать дальнейшему нормальному функционированию здания и ведению хозяйственной деятельности. Именно поэтому эти меры призваны решать целый ряд первоочередных задач, в том числе:

- недопущение поступления грунтовых вод в специальные выемки в форме котлованов, траншей и др.;
- профилактика прорывов грунтовых вод или поднятия водоупорных слоев грунта и образование повышенной нагрузки на днище котлованов;
- профилактика изменения естественных гидрогеологических условий и свойств грунтов негативного характера и препятствие развитию опасных процессов в слоях грунта;
- осуществление эффективной системы водоотвода к местам сброса;
- обеспечение экологической безопасности на строительной площадке с сохранением водного баланса;
- полное соблюдение техники безопасности всех проводимых работ.

Учитывая перечисленные факторы, необходимо со всей ответственностью подходить к организации эффективного водопонижения на начальном этапе строительства.

Объектом настоящего исследования выступают подготовительные работы при строительстве жилого дома с подземной автостоянкой по ул. Лукиных г. Екатеринбурга.

Следует заострить внимание на гидрогеологических условиях площадки строительства. Так, на данной строительной площадке вскрыт водоносный горизонт, приуроченный к юрским отложениям, в которых выдержанного водовмещающего горизонта нет. Подземные воды «гуляют» в юрских отложениях. Питание грунтовых вод происходит за счет выпадения атмосферных осадков и таяния снегов.

Уровень подземных вод установился на глубинах 0,5–0,3 метра.

По химическому составу воды хлоридно-сульфатно-натриево-калиевые, солоноватые (сумма солей 9,7 г/л), очень жесткие (общая жесткость 34,5 мг-экв/л), слабощелочные (рН = 7,4).

Подземные воды сильноагрессивные по отношению к портландцементом и неагрессивные по отношению к шлакопортландцементом и сульфатостойким цементам ( $\text{HCO}_3 = 3,4$  мг-экв/л;  $\text{SO}_4 = 1548,0$  мг/л). По отношению к железобетонным конструкциям

вода среднеагрессивная при периодическом смачивании и неагрессивная при постоянном погружении ( $Cl = 4863,0$  мг/л).

В этой связи необходимо организовать грамотную систему водопонижения. Для этого целесообразно рассмотреть его теоретические основы, в рамках которых особый практический интерес вызывает классификация водопонижения, которое бывает следующих видов [1, с.102]:

- водоотлив;
- дренаж;
- иглофильтры;
- водопонизительные скважины;
- электроосмос.

Помимо этого, в зависимости от времени проведения водопонижение может быть предварительным и параллельным. В первом случае мероприятия проводятся до начала строительных работ. Оно необходимо тогда, когда в границах участка присутствуют мощные водоносные горизонты. Анализируемый способ позволяет предотвратить прорыв плавунцов, обеспечить устойчивость дна выработки, а также безопасность во время последующего проведения строительных работ. Во втором случае водопонижение производится одновременно с ведением строительства.

Необходимо подчеркнуть, что оба перечисленных вида осуществляются с привлечением специального оборудования и устройств, позволяющих снизить уровень грунтовых вод. Так, чтобы защитить траншеи и котлованы целесообразно использовать иглофильтровые установки, водопонизительные, горизонтальные дренажные скважины. Защиту туннелей лучше осуществлять с помощью дренажных колодцев, сквозных и забивных фильтров, различного вида скважин, иглофильтровых установок.

Большое влияние на окончательный результат оказывает выбор конкретного способа водопонижения. Как правило, дифференцируют открытый и закрытый способы. В первом случае котлованы могут обладать наклонными либо вертикально закрепленными откосами. При обеспечении их защиты сплошными шпунтовыми, свайными стенками или стеной вода может образовываться только через основание котлована, где она концентрируется в специальных водосборниках. Во втором случае вода откачивается из приемных колодцев, что приводит к существенному снижению уровня грунтовых вод вокруг котлована и уменьшению их притока.

Помимо этого, сам процесс удаления избыточных вод из слоев грунта может осуществляться различными способами, окончательный выбор которого зависит от различных факторов, в том числе [2, с.15]:

- характерных свойств и условий залегания породы;
- условий питания подземных вод;
- водопроницаемости пород, подлежащих осушению;
- размеров зоны, подвергаемая осушению;
- мощности водоносного горизонта;
- ключевых характеристик используемых технических средств водопонижения.

Рассмотрим более подробно основные способы удаления воды с учетом условий, в которых происходит их приток в котлован. Так, если поступление воды происходит под влиянием напора грунтовых вод, и вода поступает в приемные колодцы под действием сил гравитации, то этот способ удаления воды является гравитационным. Устранение воды из грунта посредством дополнительного снижения давления, является вакуумным способом. В почвах, характеризующихся мелкозернистостью и водопроницаемостью, движение вод может быть усилено воздействием постоянного электрического тока. В этом случае речь идет об электроосмотическом способе удаления грунтовых вод. При применении пневматического способа водопонижения воды удаляются с помощью искусственного создания в порах грунта избыточного давления. Это, в свою очередь, приводит к более интенсивному отделению воды. Формирование необходимого давления возможно исключительно в замкнутой системе. В тяжелых грунтовых условиях наиболее оптимальным вариантом является применение ограждения котлована со всех сторон специальными непроницаемыми стенками и устройство днища. Его изоляция может осуществляться с помощью стенок-прорезей, буровых скважин, а также шпунтовых или инъекционных стенок. Для придания дну котлована такого свойства может применяться способ подводного бетонирования. В особых случаях, особенно на этапе подготовительных работ в шахтах и при сооружении туннелей, для защиты котлованов применяется метод замораживания грунта. В этом случае для защиты котлована от поступления грунтовых вод сооружается стенка из мерзлого грунта [5, с.93].

В практической деятельности при проведении строительных работ применяются следующие основные способы водопонижения [4, с.100]:

- поверхностный;
- подземный;
- комбинированный.

Рассмотрим каждый из способов более подробно. Так, в первом случае для создания в рабочей зоне устойчивой депрессионной воронки, откачивание вод происходит из специально оборудованных скважин. В том случае, если водопоглощающие породы располагаются ниже уровня водоносного горизонта, то грунтовые воды не выводятся на

поверхность. Они опускаются в эти породы по скважинам. С помощью этого способа удается достаточно оперативно осуществить водопонижение на большую глубину и в сложных условиях. Однако практическая реализация данной схемы предполагает одновременную работу нескольких скважин и насосов. Наиболее распространенным оборудованием выступают скважины с насосами, сквозные фильтры, вакуумные установки, легкие и эжекторные иглофильтры.

Второй случай предполагает бурение скважин из горных выработок или забоя шахтного ствола. Кроме того, в этом случае допускается спуск грунтовых вод в водопоглощающие породы, которые расположены ниже заданного уровня, если между ними имеется водоупорный горизонт. По общим правилам, анализируемый способ считается более надежным и эффективным в сложных гидрогеологических условиях. Главный недостаток заключается в том, что дренажные работы выполняются дольше, подготовка является достаточно трудоемкой, горные выработки необходимо поддерживать длительное время. Такой способ водопонижения предполагает применение забивных фильтров, легких иглофильтровых установок, установок забойного водопонижения.

В основе третьего метода лежит бурение скважин с поверхности участка и из подземных выработок. В этом случае, определенный объем подземных вод выводится на поверхность почвы с помощью насосов, другая часть – спускается в дренажные выработки, расположенные под землей. Этот способ отлично работает, когда произвести осушение участка только с поверхности не представляется возможным.

Наиболее распространенным способом понижения грунтовых вод является поверхностный. Однако, по нашему мнению, для настоящего исследования целесообразно использовать комбинированный способ водопонижения, а именно устройство подпорных стен и дренажей вдоль этих стен.

Следует отметить, что подпорная стенка представляет собой сооружение, основное предназначение которого сводится к удержанию земляной массы от обрушения. Как правило, сооружения такого типа устанавливаются около домов, автомобильных дорог и других зданий и сооружений, когда следует обеспечить резкий перепад отметки планировки.

Существуют различные мнения относительно целесообразности применения подпорных стенок при проведении строительных работ, а именно:

- при корректном понимании органичности городского ландшафта в подпорных стенках нет необходимости: озелененный естественный откос грунта визуально смотрится более выигрышно
- его производство обходится гораздо дешевле;

- осознание невозможности обойтись без подпорных сооружений в условиях городского ландшафта, что обусловлено относительной стесненностью застройки, которая характерна для городской черты, и отказ от использования такой конструкции приведет к потере пространства территории муниципальных образований.

По нашему мнению, как правило, любой тип сооружения формируется естественным путем, призванный решить какую-либо функциональную задачу градостроительства. При этом использование данной конструкции должно обеспечить наиболее эффективное решение возникшей задачи.

Подпорные стенки – не исключение. Несмотря на то, что эти сооружения не являются основными, они тесно связаны со строительством промышленных и гражданских зданий и сооружений.

Исходя из градостроительных условий проектируемого объекта для организации проектируемой территории выбираем уголковую подпорную стенку.

Грунтовые воды на участке отмечались по материалам изысканий на глубине 1,3–2,6 м. Таким образом, на участке отмечался один водоносный горизонт, представляющий грунтовый поток. Это обстоятельство и потребовало проектирования подпорных стен для предотвращения оползания грунта с северной и восточной сторон площадки протяженностью около 60 м. Возведение подпорной стенки должно было производиться под защитой водоотводящих канав длиной около 100 м, что существенно затруднило бы процесс производства строительных работ.

### **Библиографический список**

1. Веселов В.А. Проектирование оснований и фундаментов. — М.: Стройиздат, 1990.-304 с.
2. Веряскина Е.М. Водопонижение в строительстве: методические указания. Ч.1 / Е.М. Веряскиной. — Ухта: УГТУ, 2010. — 44 с.
3. СНиП 2.02.01-83. Основания зданий и сооружений. — М.: Стройиздат, 2000. — 86 с.
4. Теличенко В.И. Технология строительных процессов: учебник / Под ред. В.И. Теличенко, О.М. Терентьева, А.А. Лapidус. — 3-е изд. — М.: изд-во «Высшая школа», 2006. — 392 с.
5. Технология строительного производства: учебник для студентов инженерно-строительных вузов и строительных факультетов / Под ред. О.О. Литвинова, Ю.И. Белякова. Киев: Изд-во «Высшая школа», 1985. — 428 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **РЕКОНСТРУКЦИЯ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ ОЧИСТНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ MBBR**

*Ильиных А. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, as\_ilinykh@mail.ru

**Аннотация.** Ежегодное снижение качества воды в поверхностных и подземных источниках, связанное со сбросами сточных вод не надлежащего качества, требует ужесточения требований к качеству сбрасываемых вод. Для того чтобы обеспечить высокое качество сбрасываемых сточных вод с очистных сооружений построенных в период с 1960 по 1990годы прошлого века необходимо проведение реконструкции (либо модернизации) этих сооружений. В данной статье показаны преимущества использования активного ила совместно с биопленкой в MBBR (Moving Bed Biofilm Reactor – реактор с «движущейся» биопленкой) технологии. Рассмотрен вариант модернизации существующих очистных сооружений биохимической очистки с применением MBBR технологии. Проведен обзор разновидностей загрузочного материала – носителя биопленки. Представлены разновидности, характеристики свободноплавающего и армированного загрузочного материала отечественных и зарубежных производителей. Показаны результаты исследования применения технологии MBBR для удаления углеродных загрязнений и биогенных элементов. Показана эффективность применения технологии MBBR с носителем биопленки для очистки хозяйственно-бытовых сточных вод.

**Ключевые слова:** НДТ, биологическая очистка сточных вод, MBBR, биопленка, биозагрузка.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия



## **RECONSTRUCTION OF THE WASTEWATER TREATMENT PLANTS WITH THE APPLICATION OF MBBR TECHNOLOGY**

*Ilinykh A. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, as\_ilinykh@mail.ru

**Abstract.** The annual decline of water quality in surface and underground sources, associated with wastewater discharges of inadequate quality, requires stricter requirements for the quality of discharged water. In order to ensure high quality of discharged wastewater from the treatment plants built in the period from 1960 to 1990 of the last century, it is necessary to carry out the renovation (or modernization) of these plants. This article shows the advantages of using activated silt together with biofilm in MBBR technology. The variation of modernization of existing treatment plants for biochemical treatment using MBBR technology is considered. A review of the types of loading material – a biofilm is carried out. Species and characteristics of free-floating and reinforced loading material of domestic and foreign manufacturers are presented. The results of research of MBBR technology for removing carbon contaminants and nutrients are shown. The effectiveness of the MBBR technology with a biofilm carrier for domestic wastewater treatment is pointed out.

**Key words:** BAT, biological wastewater treatment, MBBR, biofilm, bed biofilm.

Изменения экологической ситуации, такие как: загрязнение атмосферы, снижение качества поверхностных и подземных вод, требуют принятия мер по снижению пагубного воздействия человека на окружающую среду. Принятие мер, в свою очередь, вызывает неизбежное ужесточение требований к качеству сточных вод, сбрасываемых в водные объекты.

На сегодняшний день водопользование в российской федерации не в полной мере отвечает требованиям современных экологических стандартов, что приводит к снижению качества и эвтрофикации водных объектов.

Как известно, основными водопользователями являются промышленные предприятия, сельское хозяйство, хозяйственно-бытовые нужды городского населения. Учитывая тот факт, что 75 % промышленных предприятий и 68 % населения находятся в европейской части нашей страны, где располагается всего 16 % поверхностных вод России, проблема обеспечения надлежащего качества сточных вод, сбрасываемых в водоемы, становится острее.

В 2019 г. вступают в силу требования Федерального закона № 219-ФЗ о переходе всех канализационных очистных сооружений (КОС) производительностью более 20 тыс. м<sup>3</sup>/сут. на нормирование по комплексным экологическим разрешениям.

К КОС будет предъявляться требование достижения технологических показателей наилучших доступных технологий (НДТ), которые установлены ИТС10-2015 [3]. Большинство КОС будут обязаны сбрасывать очищенные сточные воды с концентрациями загрязнений не превышающими пределов, приведенных в табл. 1.

Таблица 1

**Технологические показатели НДТ для очищенных сточных вод**

№ п/п	Показатель	Значение	Ед. изм.
1	Взвешенные вещества	10	мг/л
2	БПК <sub>5</sub>	8	мг/л
3	Аммонийный азот	1	мг/л
4	Азот нитратов	9	мг/л
5	Азот нитритов	0,1	мг/л
6	Фосфор фосфатов	0,7	мг/л

Большинство сооружений биологической очистки городских сточных воды было запроектировано и построено в период с 1960 по 1990 годы. Соответственно и рассчитаны эти сооружения на достижение показателей сбрасываемых загрязнений 30-40 летней давности. Следовательно, обеспечение нормативных показателей требуемых НДТ не представляется возможным без проведения реконструкции или модернизации сооружений.

Наиболее важным при реконструкции является выбор технологической схемы очистки сточных вод, с учетом следующих факторов:

- стоимость капитальных затрат;
- стоимость эксплуатационных затрат;
- возможность увеличить производительность без использования дополнительной площади застройки.

Несмотря на важность факторов, указанных выше, объемы капитальных затрат для реконструкции и эксплуатационные затраты встают на второе место по значимости перед важностью выбора технологии очистки.

Реализация технологии биологической очистки от биогенных элементов на очистных сооружениях требует наличия аэротенка, объем которого в 2–3 раз больше объема аэротенка рассчитанного на удаление БПК<sub>полн</sub> [4]. Такое увеличение объема необходимо для создания условий протекания процессов: удаления из системы фосфора фосфораккумулирующими микроорганизмами; окисления аммонийного азота до нитритов, а затем нитратов нитрифицирующими микроорганизмами; восстановления нитратов и нитритов до атомарного азота денитрифицирующими микроорганизмами и обеспечение отдувки последнего.

Технологии биологической очистки от биогенных элементов, реализованные в последнее десятилетие [1], имеют преимущество по экономическим показателям перед действующими очистными сооружениями.

Примером такой технологии является MBBR – это технологическая схема биологической очистки сточных вод от биогенных элементов, с применением активного ила и биопленки, образующейся на поверхности.

Технология MBBR имеет некоторые преимущества, по сравнению с системой взвешенного активного ила, такие как: более высокая эффективность переноса кислорода [8], более низкое время гидравлического пребывания и увеличенная скорость загрузки [10], более высокая эффективность очистки сточных вод от соединений азота и фосфора [9]. Установлено [2], что биопленка, образовавшаяся на загрузке, поддерживает количество и качество бактериальной биомассы активного ила, которая обеспечивает максимальную эффективность очистки стока.

Применение MBBR системы позволит: увеличить количество биомассы от 3 до 5 раз в сравнении со стандартной технологией с использованием аэротенка, в которой биомасса представлена только в виде взвешенного активного ила. Количество биомассы может достигать 10–16 г/м<sup>3</sup>.

На сегодняшний день в практике применения MBBR системы существует большое разнообразие загрузочного материала различной модификации. Все материалы можно условно разделить на армированные и свободноплавающие.

В работе Швецова В. Н. [5] представлены результаты сравнения работы аэротенка с двумя видами блоков армированного загрузочного материала: ББЗ-45П-14 и ББЗ-65П-10, обладающих одинаковой структурой поверхности, но различными геометрическими параметрами. Этот загрузочный материал может успешно использоваться для увеличения общей биомассы, порядка 0,36 кг/(кг загрузки), при эквивалентной концентрации ила в системе 2 –3 г/л.

Показано, что концентрация растворенного кислорода внутри блока снижалась до 0,3 мг/л, в то время как концентрация в свободном объеме сточной жидкости была в пределах от 5,5 до 8,1 мг/л [5]. В биозагрузке образуются зоны с низкой концентрацией растворенного кислорода, дефицит которого приводит к процессу денитрификации. Процессы нитрификации при низкой концентрации кислорода снижают свою скорость.

Исходя из того, что в толще загрузки образовывались аноксидные зоны, концентрация растворенного кислорода в которых не превышала 0,3 мг/л можно сделать вывод, что загрузку блочного типа целесообразнее использовать в аноксидных зонах. На рисунке 1 (п. 1 –3) представлены блоки армированных полимерных загрузок.

Наряду с армированным загрузочным материалом широкое распространение в практике так же получили свободноплавающие загрузочные материалы.

Свободноплавающий загрузочный материал, в сравнении с армированным, обладает следующими преимуществами:

- отсутствие образования аноксидных зон в толще загрузки;
- высокая площадь поверхности на кубический метр загрузки;
- более высокая эффективность переноса кислорода.

В работе [8] показано, что загрузка «CosmoBall» (разновидность свободноплавающей) обладает высокой эффективностью переноса кислорода, что способно положительно повлиять на процессы удаления органических загрязнений и процессы нитрификации.

Используемые типы свободно плавающей биологической загрузки представлены на рис. 1 (п. 4-12). [5, 11].

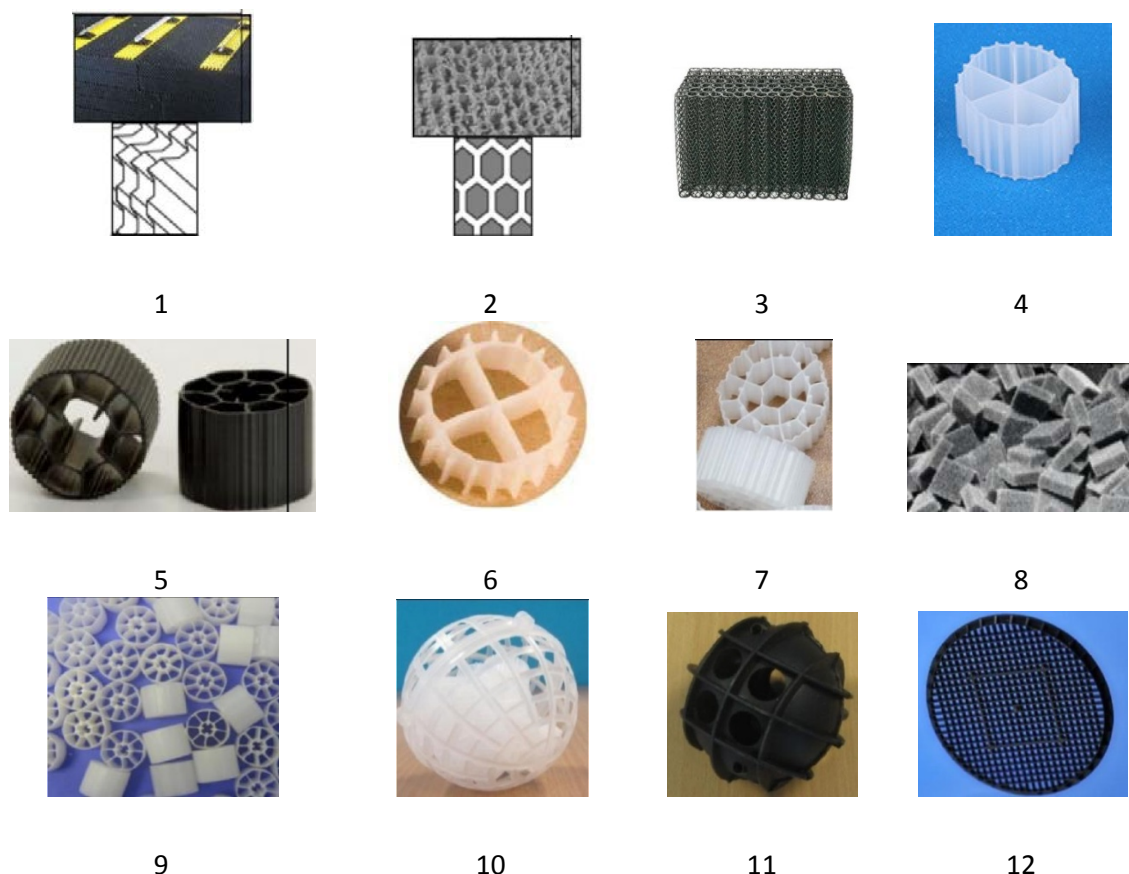


Рис. 1. Биологическая загрузка: 1 – PVC Structured Sheet Media,  $160 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 2 – Fabric Web  $100 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 3 – ББЗ-45П-14  $300 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 4 – Yuhuan,  $230 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 5 – Active Cell™,  $400 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 6 – AnoxKaldnes™ K1,  $500 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 7 – AnoxKaldnes™ K3,  $500 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 8 – Polyurethane foam (PU),  $900 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 9 – MB3,  $604 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 10 – Cageball  $300 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 11 – Cosmoball™  $160 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ; 12 – Biofilm Chip M™  $500 \text{ м}^2/\text{м}^3$

Технология MBBR подразумевает разделение всего объема сооружения на несколько зон: анаэробная, первая аноксидная, вторая аноксидная, аэробная как показано на рис. 2.

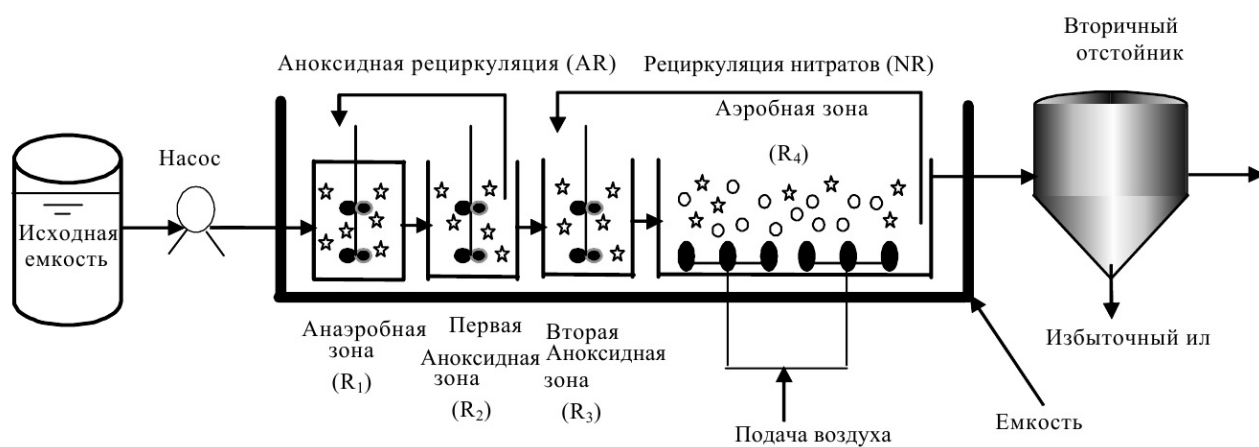


Рис. 2. Технологическая схема системы MBBR

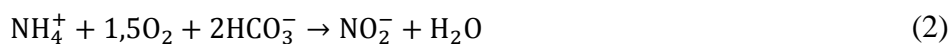
В MBBR системе очистка осуществляется как взвешенным активным илом, так и биопленкой прикрепленной на теле полимерной загрузки.

В анаэробной зоне происходит биологическое удаление фосфора. Первая бескислородная зона обеспечивает минимизацию воздействия нитратов в сточных водах при входе в анаэробный реактор. Обеспечение аноксидной рециркуляции (AR) увеличивает степень использования органического вещества в анаэробной зоне и создает оптимальные условия для поглощения ферментов в анаэробной зоне. Во второй аноксидной зоне происходит смешение сточных вод с возвращенным активным илом и удаление основной части нитратов.

Для протекания процесса денитрификации во второй аноксидной зоне необходимо наличие органических загрязнений, достаточное количество нитратов и отсутствие растворенного кислорода. Возвращенные нитраты ( $\text{NO}_3^-$ ) восстанавливаются до молекулярного азота ( $\text{N}_2$ ) согласно реакции (1):



После второй аноксидной зоны иловая смесь самотеком поступает в аэробную зону. Аэробная зона предназначена для биохимического окисления аммонийного азота, его перевода в нитриты и затем в нитраты. В условиях наличия растворённого кислорода и нитрифицирующих бактерий реакция протекает в две стадии [6] уравнение (2) и (3):



Технология очистки предусматривает использование аэраторов, автоматического регулирования подачи воздуха и плавающей загрузки для увеличения количества биоценоза. Рециркуляция иловых вод осуществляется насосным оборудованием, что позволяет регулировать все потоки по количеству. В качестве загрузки, в аэробной зоне, применяется плавающей носитель из стабилизированного полиэтилена, обладающий развитой удельной поверхностью. После всех зон очистки сток направляется во вторичный отстойник, где происходит процесс седиментации активного ила, часть ила направляется в начало сооружений.

Технология биологической очистки сточных вод от биогенных элементов с использованием MBBR биореактора показала свою эффективность на очистных сооружениях малой производительности, выполненных для жилищных комплексов нефтяных и газовых месторождений. Расчетные технологические параметры работы MBBR реактора с полимерной загрузкой представлены в табл. 2.

Технологические параметры работы MBBR реактора.

Показатели	MBBR реактор	Ед. изм.
Общее время пребывания сточной воды в биореакторе	6,0	час
Загрузочный материал	AnoxKaldnes™ K1	
Удельная площадь поверхности загрузочного материала	500,0	м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>
Наполнение объема реактора загрузочным материалом	59,0	%
Удельная площадь поверхности загрузочного материала в объеме биореактора	295,0	м <sup>2</sup> /м <sup>3</sup>
Доза активного ила	3,0	мг/л
Рабочая температура сточной воды	10–35	°C
Рабочий pH	6,5–7,5	
Рециркуляция нитратов (NR)	300–500	%

Применение MBBR технологии позволит достичь качества очищенных сточных вод, по представленным ниже показателям, соответствующее требованиям сброса в водоемы рыбохозяйственного назначения. Показатели качества сточных вод на входе в очистные сооружения и после полной биологической очистки представлены в табл. 3.

Таблица 3

Показатели качества сточных вод.

Показатели	Содержание в исходном стоке, мг/л	Содержание в очищенном стоке, мг/л	Эффективность удаления, %
ХПК	440	13,6	96,9
БПК <sub>полн</sub>	280	3	98,9
Аммонийный азот	61,5	0,35	99,4
Нитратный азот	-	7,0	82,6
Фосфор фосфатов	12,1	0,5	95,9

Полученные результаты работы узла биореактора с применением технологии MBBR показывают, что удаление растворимого ХПК происходит с эффективностью 96,9 %.

Средняя эффективность удаления БПК<sub>полн</sub> для всей системы MBBR составляет 98,9 %. На процесс денитрификации во втором аноксидном реакторе, поглощается большая часть биологически разлагаемого органического вещества. Таким образом, средняя концентрация БПК<sub>полн</sub> в аэробной зоне поддерживается на низком уровне, и не препятствует процессу нитрификации.

Средняя эффективность удаления фосфора для системы MBBR составляет 87,9 %. Максимальное удаление фосфора происходит в аэробной зоне.

Также, система MBBR продемонстрировала высокую степень нитрификации в аэробном реакторе: удаляется 99,4 % аммонийного азота.



Эффективность удаления нитратного азота составляет 81,6 %, что позволяет сделать вывод о приемлемой степени очистки сточных вод системой MBBR.

### **Выводы**

1. Эксплуатация устаревших очистных сооружений будет сопровождаться высокими эксплуатационными затратами и неудовлетворительным качеством сбрасываемых сточных вод.

2. Показатели, требуемые ИТС 10-2015, достижимы на существующих очистных станциях без строительства сооружений доочистки.

3. Применение технологии MBBR является экономически выгодным способом модернизации традиционных аэротенков с целью достижения качества очищенных сточных вод в соответствии с ИТС 10-2015.

4. Система MBBR показала высокую степень очистки, по органическим и питательным веществам. Эффективность удаления общего ХПК, азота и фосфора составляет 96,9, 84,6 и 95,8 %, соответственно.

5. Процесс MBBR может быть применен как один из наиболее эффективных и наименее дорогостоящих методов при модернизации очистных сооружений с целью достижения нормативных показателей по НДТ.

### **Библиографический список**

1. Большаков Н.Ю. Математическое моделирование и внедрение эффективных биотехнологий очистки сточных вод от азота и фосфора на действующих очистных сооружениях канализации // Справочник эколога. 2013. № 7. С. 81–89.
2. Долина Л.Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов // Монография. – Днепропетровск.: Континент. 2011. – 198с ISBN 978-966-8733-07-3.
3. ИТС 10-2015 Очистка сточных вод с использованием централизованных систем водоотведения поселений городских округов. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. М. 2016.
4. Харькин С.В. Канализационные очистные сооружения: вопросы эксплуатации, экономики, реконструкции // Справочник эколога. 2013. № 3. С. 12–18.
5. Швецов В. Н., Морозова К. М., Смирнова И. И. и др. Использование блоков биологической загрузки на сооружениях очистки сточных вод.// Водоснабжение и сан. техника. 2010. № 10.
6. Яковлев С. В., Скирдов И. В., Швецов В. Н. и др.; Под ред. Яковлев С. В.. Биологическая очистка производственных сточных вод: Процессы, аппараты и сооружения/. – М.: Стройиздат, 1985. – 208 с., ил. – (Охрана окружающей природной среды)
7. Bina B., Movahedian H., Amin M.M. and Nikaein M.. Application of Moving Bed Biofilm Process for Biological Organics and Nutrients Removal from Municipal Wastewater. American Journal of Environmental Sciences 4 (6): 682-689, 2008
8. Hussain S. A., Tat T.H., Idris A., Numerical studies of fluid flow across multiple cosmo ball using computational dynamics. Universiti Putra Malaysia, Department of Chemical and Enviromental Engineering.



9. Kermani M., B. Bina, H. Movahedian, M.M. Amin and M. Nikaein, Application of Moving Bed Biofilm Process for Biological Organics and Nutrients Removal from Municipal Wastewater American Journal of Environmental Sciences 4 (6): 682-689, 2008
10. Kim, B. K., Chang D., Kim, D. W., Choi, J. K., Yeon, H.J., Yeon, C. Y., Fan ,Y., Lim ,S. Y., and Hong, K. H. Wastewater treatment in moving bed biofilm reactor operated by flow reversal intermittent aeration system. World academy of Science, Engineering and Technology 2011. 581-584.
11. Lariyah M. S., Mohiyaden H. A., Hayder G. and etc. Application of Moving Bed Biofilm Reactor (MBBR) and Integrated Fixed Activated Sludge (IFAS) for Biological River Water Purification System: A Short Review. EarthandEnvironmentalScience 32 (2016) 012005.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ УСТАНОВКЕ  
КОМПЛЕКСНЫХ УЗЛОВ  
ОБОРУДОВАНИЯ КОТЕЛЬНЫХ И  
ТЕПЛОВЫХ ПУНКТОВ НА ПРИМЕРЕ  
RAZ-СИСТЕМ**

*Корякина К. Г.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, ksu\_93\_89@mail.ru

**Аннотация.** Данная статья посвящена вопросам энергосбережения при применении современного теплоэнергетического оборудования с более совершенными методами регулирования температуры теплоносителя. Вводная часть знакомит читателя с тенденциями на рынке теплоэнергетики, в частности, обосновывает причины актуальности возведения блочно-модульных котельных. В качестве инновационного продукта рассмотрены узлы котельного оборудования RAZ-систем производства фирмы Рационал. В статье рассматривается потенциальная энергосберегающая способность, экономичность данных узлов при установке в блочно-модульных котельных на примере разработанного проекта котельной для ЗАО «Микромет» в г. Верхняя Салда. В заключении статьи высказаны идеи о потенциальных возможностях применения RAZ-систем при компоновке оборудования местных тепловых пунктов зданий.

**Ключевые слова:** теплоснабжение, энергосбережение, энергоэффективность, блочно-модульные котельные, БМК, Рационал, RAZ-системы

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

# **ENERGY SAVING IN THE INSTALLATION OF COMPLEX UNITS OF BOILER EQUIPMENT AND HEAT STATION USING THE EXAMPLE OF RAZ-SYSTEMS**

*Koryakina K. G.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, [ksu\\_93\\_89@mail.ru](mailto:ksu_93_89@mail.ru)

**Abstract.** This article is devoted to the issues of energy saving with the use of modern heat power equipment with more perfect methods of controlling the temperature of the coolant. The preface introduces readers to the tendencies in the heat power market, in particular, justifies the reasons for the actual construction block-modular boiler houses. As an innovative product, the nodes of the boiler equipment of RAZ-systems manufactured by Rational Company are considered. The article considers the potential energy-saving capacity, the economic efficiency of these units when installed in modular boiler houses. As an example, the developed boiler house design for ZAO "Micromet" in Verkhnyaya Salda is used. In the conclusion of the article, ideas were voiced about the potential possibilities of using RAZ-systems in the arrangement of equipment of local thermal station of buildings.

**Key words:** Heat supply, energy saving, energy efficiency, block-modular boiler-houses, BMBH, Rational, RAZ-systems

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Централизованное энергоснабжение, когда от одного крупного источника энергии снабжаются многочисленные потребители, позволяет, с одной стороны, рационально использовать имеющиеся топливноэнергетические ресурсы, с другой стороны, за счет укрупнения единичной мощности генерирующих установок снизить затраты на производство энергии. Источником тепловой энергии в системах централизованного теплоснабжения могут быть теплоэлектроцентрали (ТЭЦ), районные (РК) и квартальные котельные (КК) [1]. В последнее время в условиях повышения тарифов на электроэнергию, тепловую энергию, водопотребление появилась тенденция к строительству автономных блочно-модульных котельных, которые могут обеспечивать тепловой энергией как единичного потребителя, так и группы разнородных потребителей.

Главным преимуществом блочно-модульных котельных является снижение затрат на строительно-монтажные работы, так как сборка блок-модулей таких котельных осуществляется в цехе завода-изготовителя и затем в собранном виде блоки доставляются на место эксплуатации, где скрепляются и осуществляются пуско-наладочные работы. Вследствие удешевления затрат на строительно-монтажные работы уменьшается срок окупаемости котельной.

Регулирование отпусков теплоты и в блочно-модульных и стационарных котельных осуществляется по одинаковой схеме и представляет собой погодозависимое регулирование. Режимы регулирования котельного оборудования основаны на поддержании заданной температуры теплоносителя и постоянного перепада давления в сетевом контуре [2]. Локальное регулирование электро- и топливopotребления каждого отдельного элемента контура теплоснабжения позволяет достигнуть разного уровня энергосбережения. Например, установка горелок, работающих в модулирующем режиме позволяет снизить топливopotребление котлов при переменной нагрузке, установка частотного регулирования на насосах значительно снижает электропотребление. Применение различных энергосберегающих мероприятий несет за собой неизбежные затраты на дорогостоящее оборудование.

Целесообразно выделить следующие результаты, на достижение которых должна быть направлена реализация энергосберегающих мероприятий:

- экономия энергетических ресурсов в натуральном и стоимостном выражении;
- сокращение удельного потребления энергетических ресурсов;
- обеспечение приборами учета по всем видам энергетических ресурсов;
- сокращение расходов на оплату энергетических ресурсов и коммунальных услуг [3];

Расчет эффекта от комплекса мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности основан на методе расчета эффекта от каждого отдельного

мероприятия. Совместная реализация группы энергосберегающих мероприятий может иметь различный характер влияния на совокупный потенциал энергосбережения.

Современное котельное оборудование ориентировано на уменьшение потребления топливных ресурсов и сокращение потребления электроэнергии. Многие производители выдвигают собственные инженерные решения, предполагающие экономию ресурсов. В частности, на рынке теплоэнергетического оборудования появились принципиально новый продукт – системы котельного оборудования «RAZ», применимые для стационарных и блочно-модульных водогрейных котельных тепловой мощностью до 15 МВт. Они представляют собой узлы, в которых оборудование скомпоновано в отдельные блоки, комплектацию которых определяет программа подбора в зависимости от необходимых параметров котельной. В этой же программе возможен подбор оптимального количества узлов оборудования, выбор принципиальных тепловых схем, планов размещения блоков и чертежей оборудования. Полный цикл расчета блочно-модульной котельной на RAZ-системах занимает до трех дней [4]. В газете «Коммерсант» разработчики высказывают наличие энергосберегающего потенциала данных систем: «...с применением систем котельного оборудования RAZ можно значительно повысить эффективность эксплуатации котельных установок. За счет применения качественно-количественного регулирования, реализованного программными и техническими решениями в продукции РАЦИОНАЛ, энергоресурсы расходуются соизмеримо с потребностями потребителей в тепле. Это позволяет обеспечить колоссальную экономию энергоресурсов. Как подтверждают наши испытания и данные партнеров, за отопительный сезон достигается значительная экономия электроэнергии и топлива. Такие показатели энергоэффективности достигаются за счет применения принципиально новых режимов регулирования, включая регулирование температуры обратного теплоносителя, аналогов которого еще не представлено на существующем рынке теплоэнергетики» [4].

Функционально узлы оборудования RAZ-систем подразделяются на:

- узел вводного газового оборудования R-2;
- узел оборудования водоподготовки R-3;
- узел оборудования горячего водоснабжения R-4;
- узел оборудования подключения насосов R-5;
- узел жидкотопливного оборудования R-6;
- узел теплообменного оборудования R-7;
- узел оборудования сетевого контура R-8;
- модульное здание R-9;
- узел оборудования склада хранения жидкого топлива R-10;

– металлоконструкции дымовых труб R-11 [5].

Производительность систем котельного оборудования ограничена по тепловой мощности – до 15 МВт тепловой мощности вероятно по причине увеличения диаметров трубопроводов, габаритов оборудования и невозможности скомпоновать их в транспортабельные узлы.

В техническом паспорте шкафа регулирования и автоматизации узла R-1R RAZ-систем приведена таблица режимов регулирования систем котельного оборудования:

Таблица 1

Режимы регулирования систем котельного оборудования RAZ [6]

Характеристики Системы RAZ 2-150				Расход энергоресурсов (100% – стандартный расход)	
Тип шкафов Системы RAZ	Исполнение Системы RAZ	Номера схем расположения Узлов R 1...8	Количество Узлов R-8 в сетевом контуре	Топливо (% от стандартного расхода)	Электроэнергия (% от стандартного расхода)
Шкаф регулирования R-1R	1L	№№ 1 – 2	1	до 100	до 90
	1L – 2L	№№ 3 – 9	2 – 4	до 100	до 90
	1L	№№ 1 – 2	1	до 90	до 90
	1L – 2L	№№ 3 – 9	2 – 4	до 90	до 90
	1L	№№ 1 – 2	1	до 110	до 90
	1L – 2L	№№ 3 – 9	2 – 4	до 110	до 90

Экономия в потреблении топлива котельной и электроэнергии котельной на RAZ-системах сравнивается с потреблением стандартной котельной, в которой оборудование подбирается в соответствии с методикой СП 89.13330.2012 «Котельные установки. Актуализированная версия» [2]. При стандартном подборе оборудования водогрейной котельной, в частности, котельного и насосного оборудования, теплообменников, шкафов регулирования и управления, общекотельной автоматики, энергосбережение возможно осуществлять одноэтапно: за счет установки частотного регулирования на насосах, каскадного регулирования в шкафах автоматики котла и прочее. При этом, мероприятия могут иметь как взаимодополняющий, так и взаимоисключающий эффект [3].

В системе регулирования котельного оборудования R-1R применяется регулирование различных параметров в комплексе: погодозависимое регулирование температуры теплоносителя за счет параллельного регулирования смесителей (поддержание заданной температуры одновременным изменением положения смесителей нескольких узлов котельного оборудования R-8) дополняется регулированием по поддержанию постоянного перепада давления в сетевом контуре за счет частотно-параллельного регулирования насосов (поддержание заданного перепада давления одновременным изменением рабочей частоты электродвигателей насосов нескольких

узлов R-8). Данные мероприятия относятся к регулированию температуры подающего теплоносителя [6].

О заявленной в техническом паспорте экономии топливных ресурсов и потребляемой электроэнергии более 10 % судить сложно, так как она находит отражение при непосредственной эксплуатации котельной, в условиях скачков тепловой нагрузки. При подборе оборудования и выполнении чертежей компоновки, принципиальной тепловой схемы можно судить о других преимуществах данных систем. Рассмотрим их на примере осуществленного проекта блочно-модульной газовой водогрейной котельной установленной мощностью 2,93 МВт для ЗАО «Микромет» в городе Верхняя Салда [7].

При подборе оборудования для данного объекта было рассмотрено 2 варианта выбора оборудования: «враспынную», т.е. отдельно осуществлялся подбор котельного, насосного, теплообменного, регулирующего, прочего оборудования и подбор отдельных узлов оборудования RAZ-систем.

Состав тепломеханического оборудования выбирался на основе следующих исходных данных:

- 1) Расчетная мощность котельной 2,632 МВт, в том числе:
  - отопление, вентиляция: 2,448 МВт;
  - ГВС: 0,134 МВт;
  - собственные нужды: 0,05 МВт;
- 2) Категория по надежности отпуска теплоты: вторая;
- 3) Схема подключения потребителей: четырехтрубная закрытая;
- 4) Система отопления и вентиляции подключается по зависимой схеме;
- 5) Температурный график сетевой воды: 105/70°C;
- 6) Температурный график системы ГВС: 65/40°C;
- 7) Перепад давления в сетевом контуре: 0,4/0,25 МПа;
- 8) Перепад давления в сетевом контуре: 0,3/0,25 МПа [7].

В ходе выполнения двух расчетов был определен одинаковый состав основного котельного и насосного оборудования, в частности, котел ТТ-50 мощностью 1,36 МВт (2 шт.), котел ТТ-50 мощностью 0,21 МВт (1 шт.), повысительные насосы исходной воды Wilo MVIL 505 (2 шт.), насосы циркуляции ГВС Wilo IPL 40/160-0,37/4 (2 шт.), насосы сетевые ГВС Wilo TOP-Z 25-6, насос рециркуляции котлов Wilo IPL 50/130-0,37/4, сетевые насосы Wilo IL 65/140-7,5/2. В случае применения узлов котельного оборудования обвязка котельного оборудования выполняется более рационально и компактно, за счет чего достигается значительная экономия пространства, следовательно, экономия затрат на освещение отопление и вентиляцию помещения котельной.

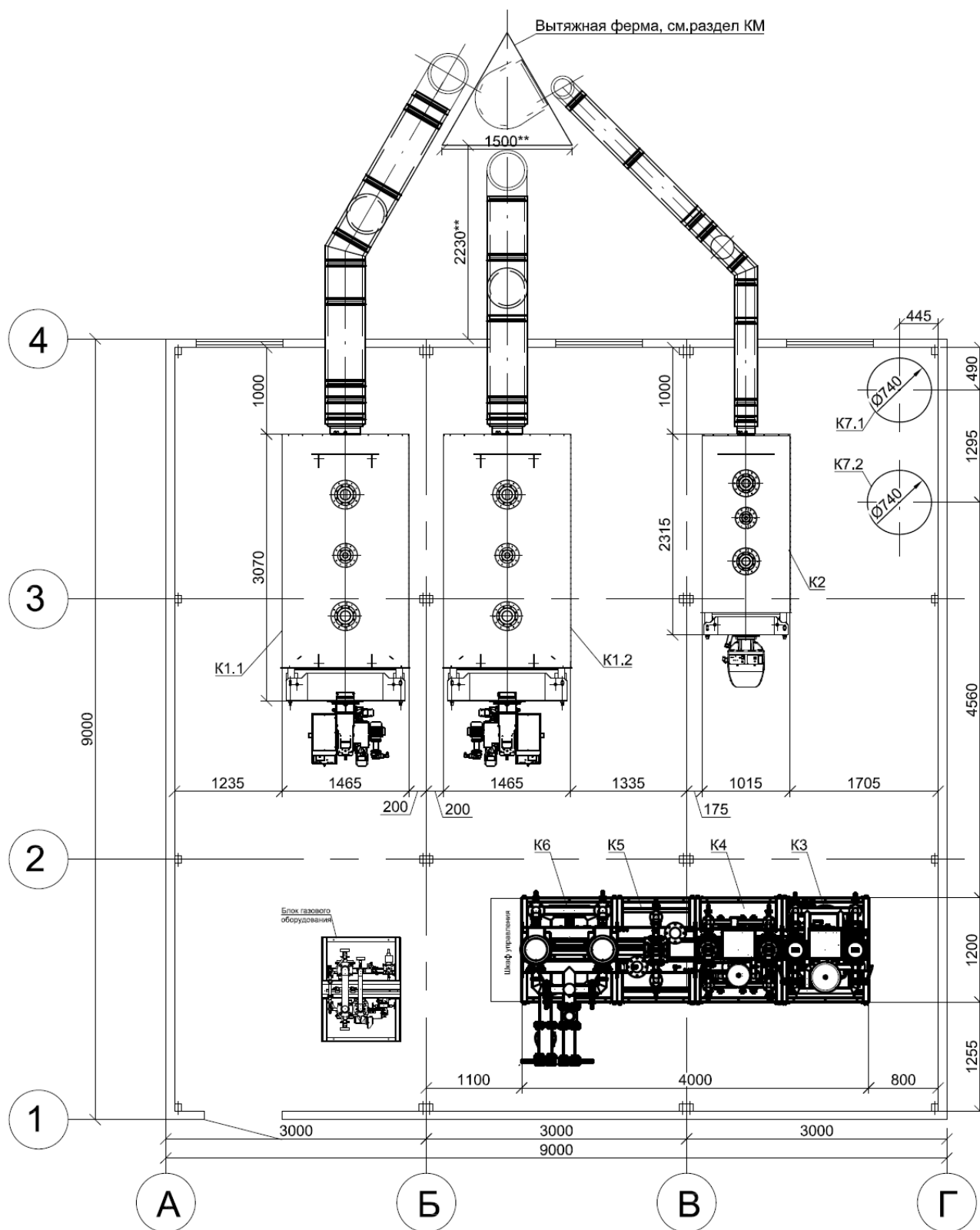


Рис. 1. План блочно-модульной котельной ЗАО «Микромет» на отметке 0.000

В ходе расчета оборудования «враспынную» для его размещения было принято 4 блок-модуля габаритными размерами 12,0х3,0х3,5 м каждый. В расчете на узлах оборудования RAZ-систем было достаточно применить 3 блок-модуля теми же



габаритными размерами. Таким образом, в качестве основы для разработки проектной документации был принят вариант с применением узлов оборудования RAZ.

Компоновка оборудования блочно-модульной газовой котельной в городе Верхняя Салда с узлами RAZ-систем (K3, K4, K5, K6) представлена ниже:

Таким образом, при применении систем котельного оборудования RAZ в рассмотренной котельной имеет место экономия на капитальные затраты за счет установки меньшего количества блок-модулей, эксплуатационных затрат на отопление, вентиляцию, освещение помещения котельной, уменьшение затрат на трубопроводы, отводы и метизы, сокращение производственных затрат на сборку котельной в цехе завода-изготовителя и транспортных затрат при доставке котельной на место эксплуатации. Кроме того, предполагается потенциальная экономия топливных ресурсов и электропотребления, заявленная в паспорте оборудования, за счет более совершенного метода регулирования.

Опыт компании РАЦИОНАЛ позволяет по-новому смотреть на устоявшиеся принципы и компоновки в проектировании как котельных, так и тепловых пунктов. Применение более рациональных блочно-модульных схем актуально в условиях растущих цен за квадратный метр жилого фонда, где имеет принципиальное значение как площадь занимаемой тепловым пунктом территории, так и сроки его установки и наладки, экологичность и чистота проведения строительно-монтажных и пуско-наладочных работ, минимизация шума в условиях близости к жилым домам.

### **Библиографический список**

1. Дегтяренко А.В.. Теплоснабжение: учебное пособие / А.В. Дегтяренко. - Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2010. – 185 с.
2. Свод правил: СП 89.13330.2012. Котельные установки [Текст]: нормативно-технический материал. – Актуализированная версия СНиП II-35-76. – Москва [б.и.], 2012. – 93 с.
3. Оценка эффективности энергосберегающих мероприятий: методические рекомендации / Бухмиров В.В., Нурахов Н.Н., Косарев П.Г. и др. – Томск: ИД ТГУ, 2014. – 96 с.
4. Инновационный прорыв [Электронный ресурс] / на правах рекламы // Коммерсант. – 2017. – 22 февраля. - URL: <https://www.kommersant.ru/doc/3223607> (дата обращения 28.04.2017).
5. Пат. 212904, Российская Федерация МПК F24D9/00. Паспорт технический №212-1/02.2017. Системы котельного оборудования R2-150: Общие данные [Текст] / Мальцев А. А.; патентообладатель РАЦИОНАЛ Энерги Зюстеме ГмбХ. – опубл. 10.11.2012, - 93 с.
6. Пат. 212904, Российская Федерация МПК F24D9/00. Паспорт технический №201-2/11.2016. Шкафы регулирования, электроснабжения, диспетчеризации [Текст] / Мальцев А. А.; патентообладатель РАЦИОНАЛ Энерги Зюстеме ГмбХ. – опубл. 10.11.2012, - 65 с.
7. Рабочая документация: 005.00.16 – ТМ. Блочнo-модульная котельная MBKY-2,93Г: тепломеханические решения котельных. – Екатеринбург [б.и.], 2016. – 29 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПРОБЛЕМЫ АДЕКВАТНОСТИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭЛЕКТРОННЫХ МОДЕЛЕЙ СЕТЕЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

*Некрасов А. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, a.v.nekrasov@urfu.ru

**Аннотация.** Использование электронных гидравлических моделей действующих сетей водоснабжения в практике оперативного управления ими, в том числе и при возникновении нештатных ситуаций (аварии трубопроводов, пожаротушение, распространение примесей и т. п.) получает все более широкое распространение в практике работы предприятий Водоканал. Обязательным условием их успешного применения является обеспечение адекватности модели и реальной сети. Рассмотрены основные типы и причины неадекватности. Показано, что многие ошибки, допускаемые при вводе (импорте) данных, некорректное упрощение сети и другие неточности могут быть выявлены и решены только с помощью специальных средств современных программ для выполнения гидравлических расчетов сетей. Подчеркивается важность специальной подготовки (привлечения) специалистов соответствующего уровня для выполнения гидравлического моделирования сетей.

**Ключевые слова:** водопроводная сеть, гидравлический расчет, калибровка модели, электронная модель.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

# **THE PROBLEMS OF THE ELECTRONIC HYDRAULIC MODELS ADEQUACY OF THE WATER DISTRIBUTION NETWORKS**

*Nekrasov A. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, a.v.nekrasov@urfu.ru

**Abstract.** The use of the electronic hydraulic models of existing water distribution networks in the practice of the operational management, including in the event of contingencies (pipeline accidents, fire extinguishing, spreading impurities, etc.) is becoming more widespread in the practice of Vodokanal enterprises. A prerequisite for their successful application is to ensure the adequacy of the model and the real network. The main types and causes of inadequacy are considered. It is shown that many mistakes made when entering (importing) data, improper simplification of the network and other inaccuracies can be identified and solved only with the help of special tools of modern software for performing hydraulic calculations of networks. The importance of special learning (involvement) of specialists at the appropriate level for performing hydraulic modeling of networks is underlined.

**Key words:** water distribution network, hydraulic calculation, model calibration, electronic model

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## Введение

Сети водоснабжения являются частью инфраструктуры любого более или менее крупного населенного пункта. Можно сказать без преувеличения, что их бесперебойное функционирование и правильное регулирование жизненно важны.

Сети водоснабжения крупных населенных пунктов включают в себя тысячи трубопроводов и потребителей. Подача воды часто осуществляется из нескольких источников. Сами сети фактически работают в условиях нерегулируемого водопотребления, сопровождающегося циклическими изменениями. При этом необходимо обеспечение гарантированного водоснабжения потребителей при возможных пиковых нагрузках, при любых отказах отдельных элементов системы, а также обеспечить экономически целесообразные режимы работы системы в периоды малых нагрузок. Таким образом, проблемы, которые должны решать предприятия, непосредственно отвечающих за водоснабжение и водоотведение (далее «Водоканал»), весьма разнообразны и сложны.

Принятие обоснованных технических решений по реконструкции и расширению сетей, оперативному управлению распределением воды при авариях на отдельных трубопроводах, обеспечения требуемых отборов воды на пожаротушение, распространения нежелательных примесей и т. п. с учетом многообразия факторов (в том числе и случайных), влияющих на работу сетей, невозможно без использования расчетов с использованием компьютерных гидравлических моделей. Постановление Правительства РФ № 782 и соответствующие Правила, опубликованные в сентябре 2013 г. [1], предписывают разработку электронных моделей систем водоснабжения и (или) водоотведения для поселений и городских округов с населением более 150 тысяч человек. Постановление определяет термин «электронная модель» как информационную систему, призванную обеспечить не только хранение актуальных сведений о сетях, но и мониторинг их технического состояния, а также и гидравлические расчеты.

В общем случае указанные задачи не могут быть решены с помощью единственной электронной модели [2]. Модели, предназначенные для выполнения гидравлических расчетов (далее «гидравлические модели»), являются наиболее сложными и требуют использования специального программного обеспечения. В практике работы предприятий Водоканал нашей страны используются различные программные продукты для моделирования сетей водоснабжения и водоотведения. Среди них: EPANET (EPA, USA), WaterGEMS (Bentley Systems, USA), SynerGEE (GL Industrial Services, UK), MIKE URBAN (DHI Water & Environment, Denmark), ZuluHydro (Политерм, Россия), CityCom-ГидроГраф (ИБЦ Поток, Россия) и др. Таким образом, конкуренция на рынке программ достаточно

велика, поэтому все их производители обеспечивают приблизительно равные возможности своих продуктов и уровень обслуживания пользователей.

Очевидно, что гидравлические модели сетей должны быть адекватны моделируемым объектам. Достижение адекватности – очень ответственная и в то же время трудоемкая задача. Рассмотрим некоторые причины неадекватности моделей сетей.

### **Обеспечение необходимой информационной доступности системы**

Обычно рассматривают три основные составляющие безопасности информационных систем – обеспечение доступности, целостности и конфиденциальности информации [3]. Не принижая важности целостности и конфиденциальности, рассмотрим более подробно проблемы достижения доступности информации, т. е. возможности ее получения за приемлемое время.

Самыми распространенными и опасными (с точки зрения размера ущерба) являются угрозы доступности, связанные с непреднамеренными ошибками штатных пользователей, администраторов и других лиц, обслуживающих информационные системы. Чаще всего они возникают:

- из-за нежелания пользователей работать с программой в связи с необходимостью освоения новых технологий;
- в связи с отсутствием соответствующей подготовки (плохое знание физических закономерностей работы сетей, недостаток общей компьютерной грамотности, неумение интерпретировать диагностические сообщения, неумение работать с документацией и т. п.);
- из-за невозможности работать с программой в силу отсутствия технической поддержки (неполнота документации, недостаток справочной информации и т. п.).

Не секрет, что многие предприятия Водоканал испытывают дефицит кадров, обладающих необходимой квалификацией для выполнения гидравлических расчетов. В этой связи для создания электронных моделей сетей часто привлекают сторонние организации. Однако любая сеть постоянно развивается: в нее включаются новые трубопроводы и потребители, отдельные участки реконструируются или вовсе выводятся из эксплуатации, меняются гидравлические характеристики труб и т. д. Таким образом, модель требует периодической корректировки. И эту задачу предприятия должны решать уже самостоятельно. Таким образом, подготовка специалистов-гидравликов является весьма актуальной задачей. В этой связи необходимо отметить, что даже в современной учебной литературе (например, [4]) особенности гидравлических расчетов действующих сетей водоснабжения не рассматриваются.

Крайне важной является, конечно, и правильная интерпретация получаемых результатов расчетов, что невозможно без наличия опыта практической работы. Таким образом, наиболее целесообразной является подготовка необходимых специалистов в рамках системы профессиональной переподготовки или курсов повышения квалификации.

### **Ошибки ввода (импорта) схемы сети**

Самый радикальный способ борьбы с ошибками ввода данных – максимальная автоматизация работы и строгий контроль. Основными признаками наличия ошибок, допущенных при вводе схемы сети, являются:

- аномально высокие (низкие) значения свободных напоров в узлах сети или скоростей движения воды в трубопроводах;
- отличающиеся от ожидаемых направления движения воды в отдельных трубах.

Выявить ошибки первого рода достаточно легко, если используемая программа предусматривает возможность цветового кодирования параметров. Зная возможный диапазон изменения того или иного параметра (например, высотных отметок узлов, диаметров труб и т. п.), пользователь имеет возможность указать цвета, которыми будут отображаться на экране соответствующие элементы сети при тех или иных значениях параметров, что позволяет быстро обнаруживать ошибки.

Конечно, можно обнаружить и ошибки второго типа, поскольку направления движения воды во всех трубопроводах определяются в результате расчета и указываются на расчетной схеме.

Чаще всего программы для моделирования работы сетей приобретаются предприятиями Водоканал в последнюю очередь, т. е. когда информационная среда предприятия уже в основном сформирована. Поэтому очень важно обращать внимание на возможности импорта данных из уже имеющихся баз данных и других информационных систем. Чаще всего источниками данных являются САПР или геоинформационной системы (ГИС).

То, насколько успешно будет осуществлен импорт, а, следовательно, и каков будет объем работы по доработке схемы, во многом зависит от качества исходных данных. Следует иметь в виду, что часто схемы сетей создаются в течение продолжительного времени и различными людьми. Часто при выполнении этих работ даже не принимается во внимание то, что позднее данные могут потребоваться для выполнения гидравлических или иных расчетов.

Наиболее типичными ошибками, которые влияют на импорт данных, являются:

- неверные размерности значений вводимых параметров;

- использование неверного разделителя целой и дробной части числа (точки или запятой), наличие в исходных данных разделителя целых разрядов чисел;
- неправильное указание типа импортируемых значений (текстовые вместо числовых);
- ввод расстояния между узлами вместо фактической длины соединяющего их трубопровода;
- неправильное задание величины расстояния между узлами (допуска), при котором в процессе импорта схемы сети их следует считать одним узлом,
- пересекающиеся трубопроводы.

Выявление ошибок импорта может оказаться весьма трудоемкой работой. В случае сложных (трехмерных) сетей в результате импорта возможно даже получение неправильной схемы сети (топологическая неадекватность).

### **Некорректное упрощение схемы сети**

Одним из наиболее реальных и продуктивных путей достижения адекватности является упрощение схемы сети за счет уменьшения ее размерности (в зарубежной практике эта процедура обозначается термином скелетизация сети [5]). В процессе упрощения удаляются тупиковые ветви, трубы определенных диаметров, объединяются последовательные трубопроводы и т. д. Эти операции позволяют уменьшить количество исходных данных, необходимых для расчета сети.

Существует достаточно распространенное мнение, что упрощение схемы приводит к ухудшению ее качества. Действительно, если, например, из схемы формально удалить трубопроводы с диаметрами, не превышающими какое-либо определенное значение, то в результате может быть получена схема, гидравлически неэквивалентная исходной.

В то же время теория эквивалентных преобразований гидравлических схем хорошо известна и излагается практически во всех учебниках по гидравлике. Их применение позволяет осуществлять корректное упрощение сети и мало влияет на качество получаемых результатов [6]. К сожалению, эта процедура трудоемка и должна осуществляться с помощью специальных модулей, входящих в состав используемых программных средств.

### **Отклонения фактических диаметров труб от принятых при расчете и их шероховатость**

Диаметры трубопроводов – крайне важный геометрический параметр, который определяет скорость течения воды и потери напора в трубопроводах. К сожалению, их точные значения для большинства труб неизвестны. Строго говоря, точно можно установить лишь те значения диаметров, которые имели трубопроводы в момент их прокладки (хотя и в этом случае возможны ошибки из-за отклонений от проекта, не отраженных в документации).



В течение многих лет эксплуатации диаметры могут изменяться. Металлические трубы, как известно, подвержены коррозии. Со временем может происходить зарастание труб, когда их проходное сечение существенно уменьшается [7].

Определить внутренний диаметр того или иного действующего трубопровода практически невозможно. Об изменении проходных сечений можно судить либо по косвенным признакам (высокие потери напора), либо непосредственно при замене труб.

Таким образом, если одна и та же электронная модель сети используется и для гидравлических расчетов и с целью инвентаризации, может оказаться, что диаметры некоторых трубопроводов в этих моделях должны быть различными. По этой причине программы для выполнения гидравлических расчетов должны предоставлять пользователям возможность использовать альтернативные значения тех или иных параметров элементов сети.

Потери напора при движении воды зависят от величины шероховатости поверхности труб. Однако о ее величине в реальных условиях, особенно в случае использования стальных труб, судить очень трудно.

### **Ошибки определения узловых отборов**

Определение узловых отборов в процессе моделирования – очень ответственная операция, при выполнении которой необходимо ответить по меньшей мере на три вопроса. Первый из них заключается в определении зон обслуживания узлов. Зона обслуживания – это группа абонентов, получающих воду из конкретного узла сети. В процессе проектирования сети зоны обслуживания определяются методами ближайшего узла или ближайшей трубы [4]. Эти же методы можно использовать и при моделировании работы действующих сетей. Некоторые программы для расчета сетей предоставляют пользователям возможность определения зон обслуживания путем построения полигонов Тиссена-Вороного. Внутри каждого такого полигона, построенного около конкретного узла, расстояние от любой его точки меньше, чем до любого другого узла [8]. Опыт расчетов сетей показывает, что выбор метода расчета узловых отборов существенного влияния на конечный результат не оказывает.

Гораздо важнее оценить объем утечек. Утечки – это разность количества воды, подающейся в сеть насосными станциями и объема ее потребления, зафиксированного измерительными приборами. Утечки существуют практически во всех сетях. Их виды и причины образования описаны, например, в статье [9]. Во многих случаях утечки можно распределить по всем узлам сети пропорционально зафиксированным величинам отборов воды. Сосредоточенные утечки больших объемов могут вносить в результаты



моделирования большую погрешность. Однако оценить районы расположения таких утечек возможно с использованием экспериментальных данных и специальных математических методов [10].

Третья проблема – оценка графика неравномерности водопотребления в течение расчетного периода. Определить общую величину потребления воды всеми потребителями сети в тот или иной момент можно по показаниям расходомеров, устанавливаемым на насосных станциях. Неравномерность водопотребления конкретными абонентами зависит от их вида (промышленные объекты, жилые и т. п.) и описана в литературе (см., например [4]). В то же время иногда характер водопотребления может существенно отличаться от средних значений. Например, очевидно, что в предновогодние часы потребление воды в «спальных» районах существенно выше, чем в обычные дни.

### **Гидравлическая калибровка модели**

Гидравлической калибровкой называют подбор параметров отдельных элементов модели сети с целью достижения максимального соответствия расчетных величин расходов воды в трубопроводах и напоров в узловых точках сети их фактическим значениям, получаемых экспериментально. В качестве параметра калибровки чаще всего используется шероховатость стенок труб [11]. Однако корректировка этого параметра часто не позволяет получить адекватную модель, поэтому в некоторых программах для калибровки используются диаметры труб [12], что вряд ли корректно. Более правильно осуществлять калибровку одновременно по шероховатости и по узловым отборам, но математически это значительно более сложная задача [10].

Для выполнения качественной калибровки важно иметь как можно больше экспериментальных данных. Измерения свободных напоров должны проводиться по возможности одновременно в нескольких узловых точках сети, приблизительно равномерно распределенных по ее площади. Неодновременность снятия показаний манометров может внести существенную погрешность в результаты калибровки модели, а в дальнейшем – и в результаты моделирования сети.

В любом случае должны фиксироваться напоры на выходе из насосных станций, уровни воды в регулирующих резервуарах (водонапорных башнях), давления непосредственно на выходе из насосов (для определения их подачи).

В качестве критерия калибровки крайне желательно использовать и сведения о расходах воды в отдельных трубопроводах. Обычно таких экспериментальных данных мало. Чаще всего имеются сведения об объеме подачи воды в сеть. Эти расходы фиксируются

стационарными расходомерами насосных станций. При отсутствии таких приборов подачу насосов можно оценить по их расходно-напорным характеристикам.

Конечно, существуют приборы, позволяющие измерять расходы в отдельных трубопроводах сети (например, накладные ультразвуковые расходомеры). К сожалению, они весьма дороги и говорить об их массовом применении нельзя. К тому же на практике оказывается довольно трудно найти подходящий для измерений отрезок трубопровода, отвечающий требованиям применения соответствующих приборов. Потому очень часто измерения проводят не там, где нужно, а там, где для этого имеются подходящие условия.

### Выводы

1. Достижение адекватности реальной сети водоснабжения и ее математической модели – сложная задача, требующая привлечения опытных специалистов-практиков. В отечественной учебной литературе вопросы расчетов действующих сетей водоснабжения практически не рассматриваются.

2. Модель должна быть адекватна сети топологически, геометрически, гидравлически и учитывать характер неравномерности водопотребления в различных узлах сети. Все эти задачи одинаково важны и должны решаться одновременно

3. Многие из проблем адекватности могут быть решены только при наличии специального программного обеспечения и надежных экспериментальных данных о фактических значениях параметров сети (напоров, расходов), получаемых одновременно.

### Библиографический список

1. Постановление Правительства РФ «О схемах водоснабжения и водоотведения» от 05.09.2013 № 782
2. Некрасов, А. В., Никифоров, А. Ф. Средства разработки схем и электронных моделей сетей водоснабжения и водоотведения / А. В. Некрасов, А. Ф. Никифоров // Водоснабжение и санитарная техника. – 2014, – № 3. – С. 74-78.
3. Шаньгин В. Ф. Информационная безопасность компьютерных систем и сетей: учеб. пособие / В. Ф. Шаньгин. – М.: ИД «ФОРУМ»: ИНФРА-М, 2011. – 416 с.
4. Орлов В. А. Водоснабжение : учебник / В. А. Орлов, Л. А. Квитка. – М. : ИНФРА-М, 2015. – 441 с.
5. Computer applications in hydraulic engineering. Exton : Bentley Institute Press.– 2007. – 404 p.
6. Shamir U., Hamberg D. Schematic models for distribution systems design: combination concept / Journal of water resources planning and management, ASCE. – 1988. – № 114 (2)– P. 129-135.
7. Чухин В. В. Изучение коррозионных отложений в трубопроводах систем подачи и распределения питьевой воды / В. А. Чухин, Р. И. Бастрыкин, А. П. Андрианов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2013. – №7. – С. 30-36.
8. Скворцов А. В. Триангуляция Делоне и ее применение / А. В. Скворцов. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 2002. – 128 с.
9. Утечки в трубопроводах систем внутреннего водоснабжения / Е. В. Орлов, А. С. Комаров, Ф. А. Мельников, А. Е. Серов. // Безопасность строительных систем. Экологические проблемы в строительстве. Геоэкология / Вестник МГСУ. – 2015. – № 3. – С. 41-47.

10. Advanced water distribution modeling and management. Exton: Bentley Institute Press. – 2004. – 752 p.
11. Галахов М. А. Информационные технологии ЖКХ: ГИС и компьютерные модели в тепло-, водоснабжении и водоотведении [Электронный ресурс]/ М. А. Галахов, В. Л. Говоров, А. В. Корытин. – Режим доступа: <http://www.gkh.ru/article/101971-informatsionnye-tehnologii-jkh>. – Дата обращения: 10.04.2017
12. Ексаев А. Р., Шумяцкий М. Г. Гидравлическое моделирование водопроводной сети [Электронный ресурс]/ А. Р. Ексаев, М. Г. Шумяцкий. – Режим доступа: <http://citycom.ru/publication/sep-2005.php>. – Дата обращения: 10.04.2017

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЙ И  
ВИХРЕВЫХ УСТРОЙСТВ НА  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ  
ВЕНТИЛЯЦИИ МНОГОПРОЛЁТНЫХ  
ЗДАНИЙ ПРИ ВИХРЕВОЙ  
ВОЗДУХОРАЗДАЧЕ**

*Петров Е. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, petrov\_yegor@mail.ru

*Колпаков А. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, a.s.kolpakov@at.urfu.ru

**Аннотация.** Строительство многопролетных зданий прямоугольной формы, большого объема, оснащенных современным оборудованием, требует создания новых способов организации воздухообмена, отвечающих требованиям эстетики и экономики. Всесоюзным центральным научно-исследовательским институтом охраны труда проведены исследования и разработан способ вентиляции промышленных помещений с вихревой циркуляцией воздуха, которая по сравнению с традиционными способами позволяет значительно сократить расходы воздуха. В статье обсуждается применение вихревой воздухоораздачи для повышения энергоэффективности вентиляции производственных зданий промышленных предприятий. Для анализа выбран объект с источником вредных газовыделений. Источник

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

находится в центре помещения. Проведен анализ влияния геометрических характеристик производственных помещений и вихревых устройств на энергоэффективность вентиляции, построены графики зависимостей. Результаты расчета согласуются с заявленными в методике данными.

**Ключевые слова:** производственные здания, вентиляция, вихревая воздухоподача, энергоэффективность.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF  
GEOMETRIC CHARACTERISTICS OF  
INDUSTRIAL SPACES AND VORTEX  
DEVICES ON THE ENERGY EFFICIENCY OF  
VENTILATION OF MULTI-FLOOR  
BUILDINGS IN THE VORTEX AIR  
DISCHARGE**

*Petrov E. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, petrov\_yegor@mail.ru

*Kolpakov A. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, a.s.kolpakov@at.urfu.ru

**Abstract.** The construction of multispans buildings with rectangular shape, large size, equipped with modern equipment, requires the creation of new ways of organizing exchange meeting the requirements of aesthetics and Economics. The all-Union Central scientific-research Institute of occupational health conducted research and developed a method of ventilation of industrial premises with the vortex air circulation, which is compared to conventional methods significantly reduces the air flow. The article discusses the use of the vortex of ventilation to increase energy efficiency of ventilation of the production buildings of industrial enterprises. To analyze the selected object to a source of hazardous air pollutants. The source is in the center of the room. The analysis of influence of geometrical characteristics of production facilities and the vortex devices on the energy efficiency of ventilation plotted. The calculation results are consistent with the stated in the methodology data.

**Key words:** industrial buildings, ventilation, vortex air diffusion, energy efficiency.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Вихревая воздухоподача при подаче приточного воздуха горизонтальными струями [1] может осуществляться воздухораспределительными устройствами на колоннах в четырех углах строительного модуля выше рабочей зоны с источниками тепло- и газовыделений [2] (рис. 1).

Формирование осевого вихря [3], где концентрируются выбросы, наблюдается при сообщении потоку необходимой кинетической энергии на единицу вентилируемого объема при выполнении определенных соотношений размеров модуля и вентиляционной системы.

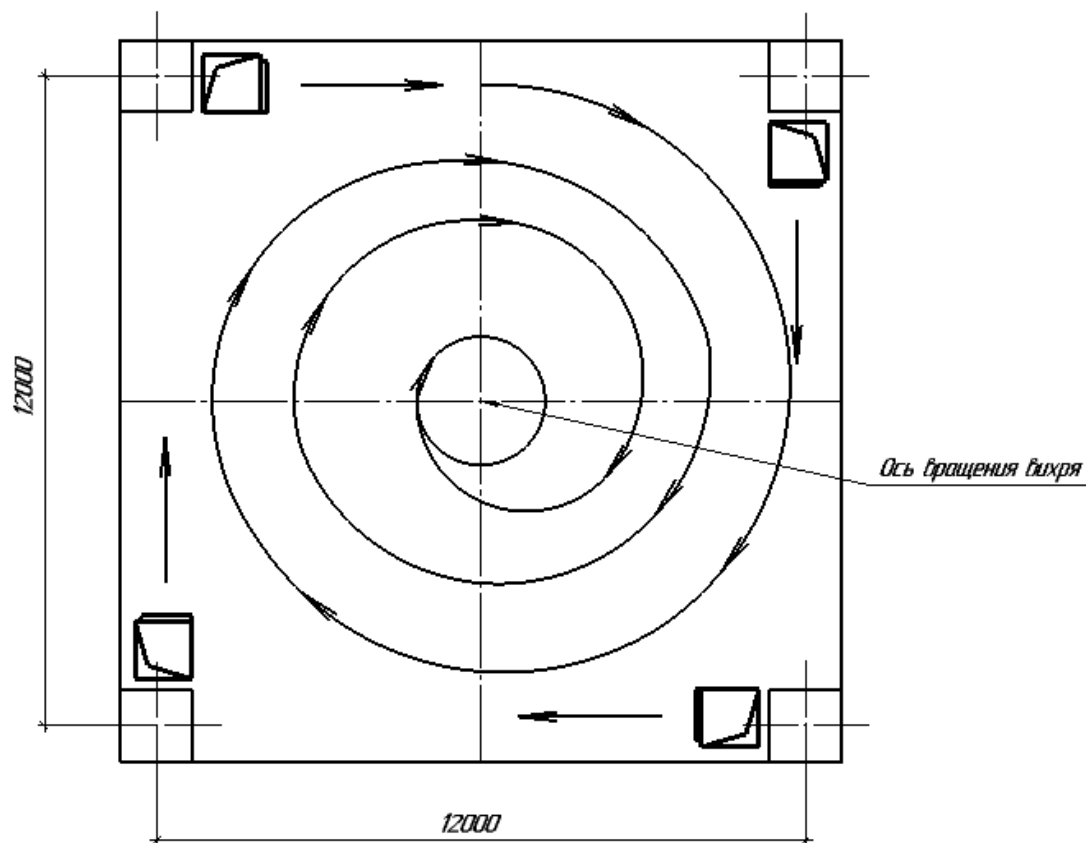


Рис. 1. Схема организации вихревой воздухоподачи компактными струями в строительном модуле

В данном исследовании размеры были выбраны исходя из рекомендаций [2]: относительная высота вихря  $\bar{h}$ : 0,5–1,33; относительная высота расположения воздухораспределительных устройств  $\bar{h}_{\text{ррр}}$ : 0,35–0,65; относительная высота расположения воздуховытяжного устройства  $\bar{h}_{\text{рст}}$ : 0,375–1; относительная площадь воздуховытяжного устройства  $\bar{F}_{\text{ст}}$ : 0,002–0,00785; относительная суммарная площадь воздухораспределительных устройств  $\Sigma \bar{F}_o$ : 0,0011–0,0044.

Для определения максимальной скорости воздуха в рабочей зоне согласно [2] применялась следующая формула:

$$\begin{aligned}
v_{\max} = & 0,115 + 0,007 \cdot \left( \frac{\bar{F}_{\text{ст}} - 0,49}{0,29} \right) - 0,015 \cdot \left( \frac{\bar{h}_{\text{ппр}} - 0,5}{0,15} \right) + 0,033 \cdot \left( \frac{\Sigma \bar{F}_o - 0,28}{0,16} \right) - 0,032 \\
& \cdot \left( \frac{\bar{h} - 1}{0,33} \right) - 0,013 \cdot \left( \frac{\bar{h}_{\text{рст}} - 0,69}{0,31} \right) \cdot \left( \frac{\bar{F}_{\text{ст}} - 0,49}{0,29} \right) + 0,007 \cdot \left( \frac{\bar{h}_{\text{рст}} - 0,69}{0,31} \right) \\
& \cdot \left( \frac{\Sigma \bar{F}_o - 0,28}{0,16} \right) - 0,015 \cdot \left( \frac{\bar{h}_{\text{рст}} - 0,69}{0,31} \right) \cdot \left( \frac{\bar{h} - 1}{0,33} \right) - 0,013 \cdot \left( \frac{\bar{F}_{\text{ст}} - 0,49}{0,29} \right) \\
& \cdot \left( \frac{\bar{h}_{\text{ппр}} - 0,5}{0,15} \right) - 0,011 \cdot \left( \frac{\bar{F}_{\text{ст}} - 0,49}{0,29} \right) \cdot \left( \frac{\bar{h} - 1}{0,33} \right), \text{ м/с}
\end{aligned}$$

Согласно полученным графикам зависимостей (рис. 2) наибольшее влияние на значение максимальной скорости воздуха в рабочей зоне оказывает относительная площадь воздухораспределительных устройств.

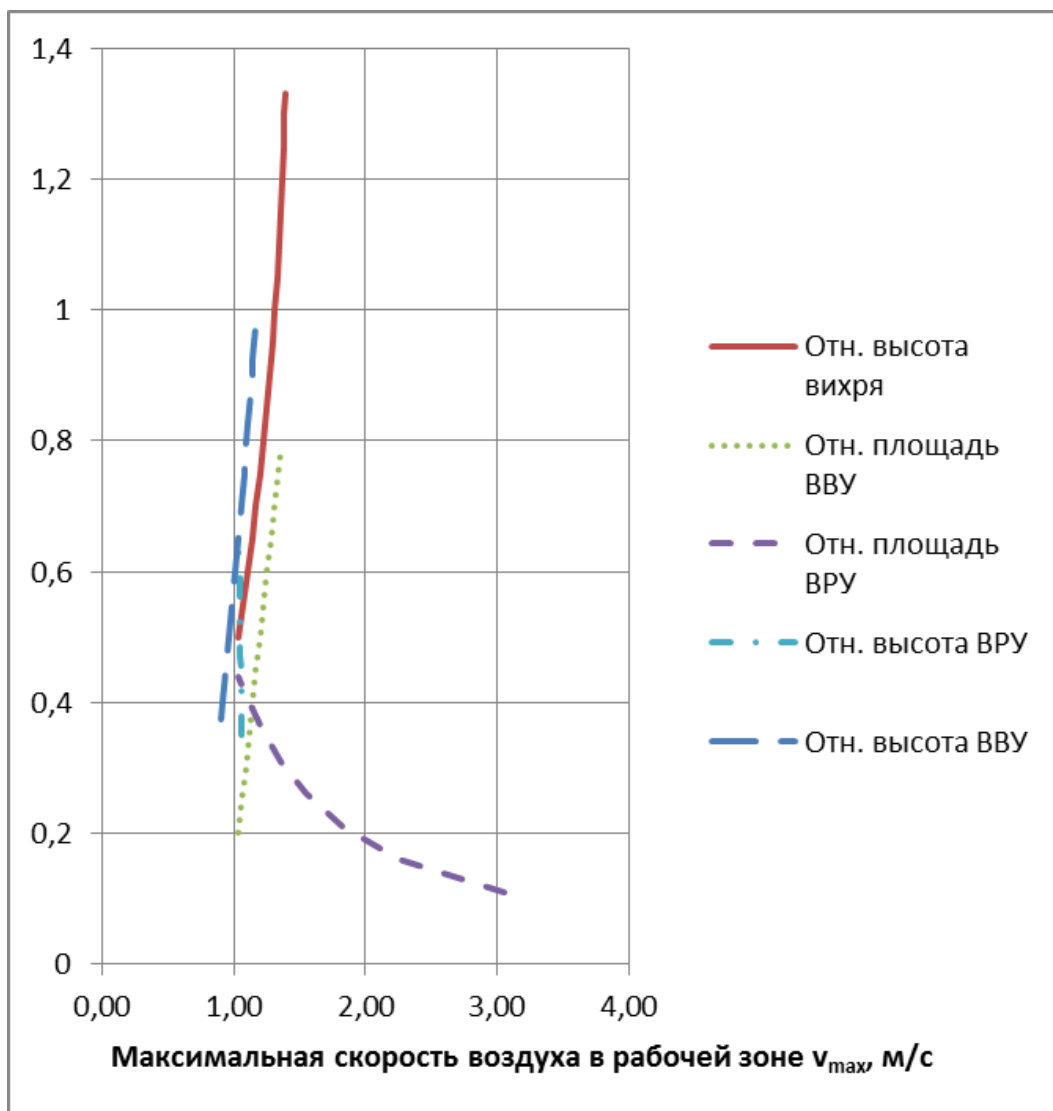


Рис. 2. Графики зависимости максимальной скорости воздуха в рабочей зоне от геометрических параметров вихревых устройств



Коэффициент воздухообмена рассчитывался по формуле [2]:

$$\frac{1}{K} = 1,2 + 0,06 \cdot \left( \frac{\bar{h}_{\text{рст}} - 0,69}{0,31} \right) + 0,06 \cdot \left( \frac{\bar{F}_{\text{ст}} - 0,49}{0,29} \right) + 0,21 \cdot \left( \frac{\bar{h} - 1}{0,33} \right) + 0,07 \cdot \left( \frac{\bar{h}_{\text{рст}} - 0,69}{0,31} \right) \cdot \left( \frac{\bar{h} - 1}{0,33} \right) + 0,06 \cdot \left( \frac{\Sigma \bar{F}_o - 0,28}{0,165} \right) \cdot \left( \frac{\bar{h} - 1}{0,33} \right)$$

Согласно полученным графикам зависимостей (рис. 3) наибольшее влияние на значение величины коэффициента воздухообмена оказывает относительная высота вихря.

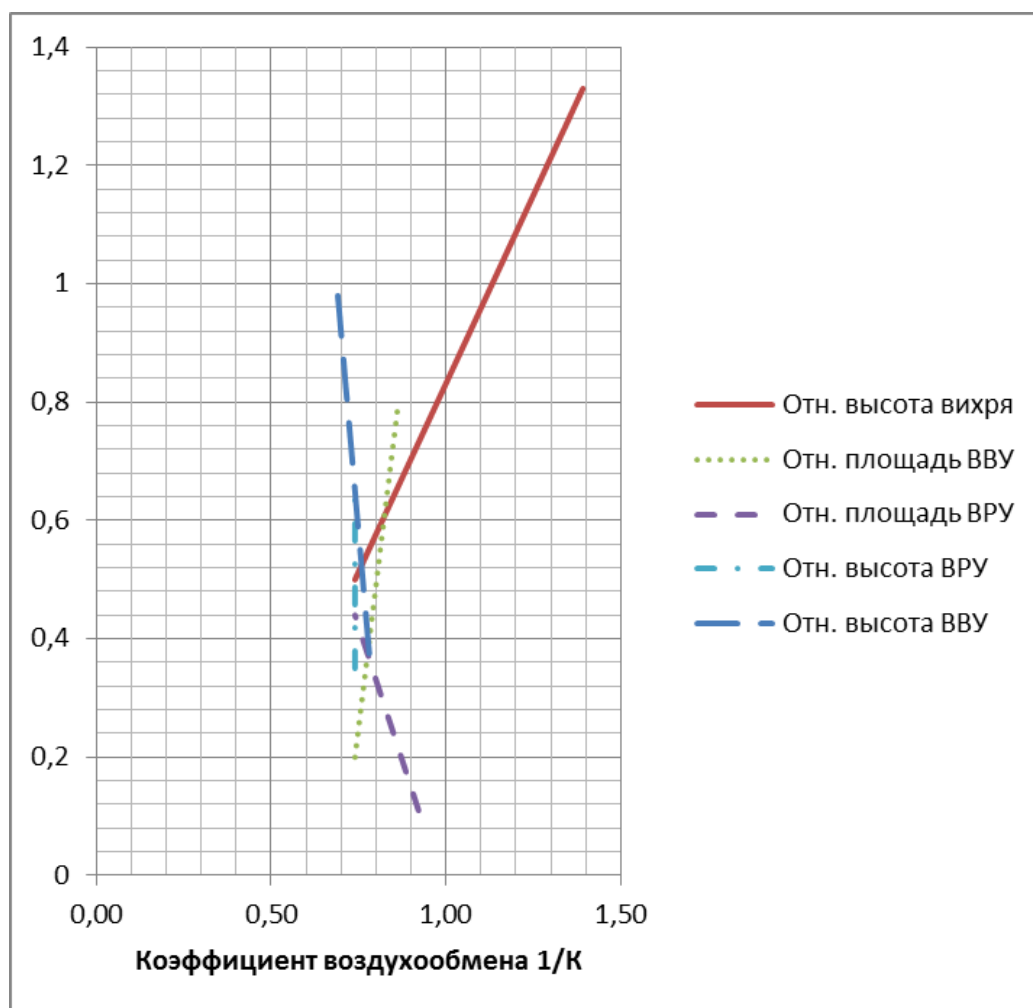


Рис. 3. Графики зависимости коэффициента воздухообмена от геометрических параметров вихревых устройств

На основании расчетов максимальной скорости воздуха в рабочей зоне и коэффициента воздухообмена выполнен анализ возможности повышения энергоэффективности вентиляции производственного участка с типовыми размерами в плане 12000×12000 с помощью компактных струй за счет уменьшения расхода воздуха, подаваемого в строительный модуль (табл. 1).

**Анализ возможности повышения энергоэффективности вентиляции производственного участка**

Параметр	Коэффициент воздухообмена 1/K		Максимальная скорость воздуха в рабочей зоне $v_{max}$ , м/с		Энергоэффективность, %	
	MAX	MIN	MAX	MIN	MAX	MIN
Относительная высота вихря	1,39	0,74	1,39	1,04	33,4	-25,2
Относительная площадь воздухоподъемного устройства	0,86	0,74	1,36	1,04	33,4	22,5
Относительная площадь воздухоподделителей	0,92	0,74	3,05	1,04	33,4	17,1
Относительная высота воздухоподделительных устройств	0,74	0,74	1,06	1,04	33,4	33,4
Относительная высота воздухоподъемного устройства	0,78	0,69	1,17	0,91	38,1	29,8

Согласно полученным результатам максимальный эффект от использования вихревой воздухоподдачи по сравнению с общеобменной вентиляцией для исследуемого объекта может достигать 38,1 %, что согласуется с оценками [2].

### Библиографический список

1. СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.
2. Методические указания по проектированию вихревой вентиляции /Л. В. Кузьмина и др. - М.: ВЦНИИОТ, 1984.- 52 с.
3. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2003. – 504 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

## **ОПТИМИЗАЦИЯ БАЛОЧНОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ УСЛОВНОГО ГРАДИЕНТА**

*Пургин А. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, a.a.purgin@gmail.com

**Аннотация.** Задача определения оптимальной конфигурации проектируемой механической системы часто возникает в практике строительных расчетов. В данной работе рассмотрен вопрос глобальной оптимизации балочной механической системы с помощью метода последовательного квадратичного программирования с применением метода условного градиента. Балочная система моделируется с помощью метода конечных элементов.

**Ключевые слова:** Метод конечных элементов, балочные элементы, метод условного градиента, последовательное квадратичное программирование.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **OPTIMIZATION OF THE BEAM SYSTEM BY THE CONDITIONAL GRADIENT METHOD**

*Purgin A. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, a.a.purgin@gmail.com

**Abstract.** The problem of determining the optimal configuration of the mechanical system often arises in the constructions calculations. In this paper, we consider the global optimization of a beam mechanical system using the method of sequential quadratic programming using the conditional gradient method. The beam system is modeled using the finite element method.

**Key words:** Finite elements method, beam elements, conditional gradient method, sequential quadratic programming.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Одной из важных задач при проектировании нового изделия является оптимизация его конфигурации с целью более полного удовлетворения данным изделием интересующих проектировщика критериев. Конфигурации, наиболее полное удовлетворяющие критериям оптимальности, называются оптимальными конфигурациями.

В строительстве одним из наиболее важным критерием оптимальности является обеспечение минимума стоимости конструкции. При этом, следует учитывать, что на каждый элемент механической системы проектировщик накладывает дополнительные требования.

Такая задача представляет собой обратную задачу математического моделирования (ОЗММ).

К сожалению, простое решение ОЗММ возможно только в случае если наша механическая система статически определима, так как изменение жесткостей в системе не приводит к перераспределению внутренних усилий в элементах. В статически неопределимых, жесткость одного элемента, влияет на внутренние усилия в других элементах, что ведет к тому, что подбор сечений становится итеративным процессом, и более того – неоднозначным. Часто у ОЗММ существует огромное количество решений. Для поиска наиболее оптимального необходимо перебрать все множество оптимальных решений, что для инженера-проектировщика может являться достаточно сложной задачей. Сложность задачи так же в том, программные пакеты для решения ОЗММ мало распространены и являются довольно ограниченными.

В данной работе представлен метод оптимизации балочной системы, моделируемой методом конечных элементов (МКЭ), с элементами, имеющими аналитические сечения (предполагается, что параметры сечения могут быть смоделированы непрерывными функциями). Адаптация к МКЭ позволяет оптимизировать механические системы произвольной конфигурации и размеров.

В контексте балочных систем мы можем сформулировать нашу ОЗММ следующим образом – пусть необходимо подобрать некоторый вектор  $\bar{q}$  параметров оптимизации, мощностью  $n$ , удовлетворяющий следующим условиям

$$C = \sum_{i=1}^N c_i A_i(\bar{q}) l_i \rho_i \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\bar{\Psi} \leq 0, \quad (2)$$

где  $N$  – число балочных элементов в механической системе;

$\rho_i$  – плотность  $i$ -го элемента системы;

$c_i$  – стоимость единицы массы материала  $i$ -го элемента;

$C$  – суммарная стоимость механической системы;

$l_i$  – длина элемента;

$A_i$  – площадь элемента;

$\bar{\Psi}$  – вектор требований-связей, накладываемых на балочную систему.

Функция (1) может быть представлена в следующем виде

$$C = \frac{1}{2} (H(\bar{q})\bar{q}, \bar{q}) \rightarrow \min, \quad (3)$$

здесь  $H$  – матрица, определяемая как

$$H_{i,j} = \frac{\partial^2 C}{\partial q_i \partial q_j}, i, j \in [1 \dots n], \quad (4)$$

На каждый элемент системы наложены следующие требования, наиболее часто применяемые в строительной механике – удовлетворение условиям прочности, характерным для данного материала, удовлетворение условию ограничения перемещений, удовлетворение условию устойчивости.

В строительной практике для описания прочности часто используются условия ограничения нормальных и касательных напряжений, выражаемые следующими зависимостями

$$|\sigma|_{\max} \leq [\sigma],$$

$$|\tau|_{\max} \leq [\tau],$$

здесь  $|\sigma|_{\max}$  – максимальное нормальное напряжение в элементе;

$|\tau|_{\max}$  – максимальное касательное напряжение в элементе;

$[\sigma]$  – предел прочности по нормальным напряжениям для материала элемента;

$[\tau]$  – предел прочности по касательным напряжениям для материала элемента.

Так же следует проверять сечение на совместное действие нормальных и касательных напряжений

$$\sigma^2(\bar{r}) + 3\tau^2(\bar{r}) \leq [\sigma_{IV}]^2, \forall \bar{r} \in \Omega,$$

где  $[\sigma_{IV}]$  – предел прочности по IV энергетической теории,

$[\sigma]$  – нормальное напряжение в точке сечения,

$[\tau]$  – касательное напряжение в точке сечения,

$\Omega$  – область сечения.

Данное условие должно выполняться во всех точках сечения элемента, однако на практике достаточно проверить только уязвимые точки сечения, к примеру соединение стенки и полки двутавра;

Удовлетворение условию ограничения перемещений выражается следующим образом:

$$|u|_{max} \leq [u],$$

$$|v|_{max} \leq [v],$$

$$|\varphi|_{max} \leq [\varphi],$$

где  $|u|_{max}$  – максимальный прогиб элемента;

$|v|_{max}$  – максимальное продольное смещение в элементе;

$|\varphi|_{max}$  – максимальный угол поворота сечения элемента;

$[u]$  – предельно допустимый прогиб элемента;

$[v]$  – предельно допустимое продольное смещение элемента;

$[\varphi]$  – предельно допустимый угол поворота сечения элемента;

Для того чтобы определить перемещения и внутренние усилия в элементах, мы воспользуемся методом конечных элементов

$$K\bar{u} = B, \quad (5)$$

где  $K$  – глобальная матрица жесткости системы;

$\bar{B}$  – вектор узловых нагрузок;

$\bar{u}$  – вектор обобщенных координат механической системы.

Решив уравнение (5) мы можем определить вектор обобщенных координат механической системы и вычислить внутренние усилия, воспользовавшись следующими зависимостями

$$EJ \frac{d^2 u}{dx^2} = M, \quad (6)$$

$$EJ \frac{d^3 u}{dx^3} = Q, \quad (7)$$

где  $M$  – изгибающий момент в теле элемента;

$Q$  – поперечная сила в теле элемента;

$E$  – модуль упругости;

$J$  – геометрический момент инерции сечения стержня;

$u$  – функция прогиба элемента.

Теперь мы можем сформулировать задачу оптимизации стержневой механической системы в общем виде:

$$\frac{1}{2}(H(\bar{q})\bar{q}, \bar{q}) \rightarrow \min,$$

$$\bar{\Psi}(\bar{q}, \bar{u}) \leq 0.$$

Данную задачу можно решить методом последовательного квадратичного программирования *SQP*. Для этого линеаризуем (2)

$$\bar{\Psi} \approx \bar{\Psi}(\bar{q}_i) + \frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}} \bar{z},$$

здесь  $\bar{z}$  определяется как

$$\bar{z} = \bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i,$$

где  $\bar{q}_i$  – значение параметров оптимизации на начало итерации;

$\bar{q}_{i+1}$  – новое значение параметров оптимизации.

Тогда

$$\bar{\Psi} \approx \bar{\Psi}(\bar{q}_i) + \frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}} (\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i).$$

Производную  $\frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}}$  можно вычислить как

$$\frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}} = \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \bar{q}} + \frac{\partial \bar{\Psi}}{\partial \bar{u}} \frac{d\bar{u}}{d\bar{q}}.$$

Матрица  $\frac{d\bar{u}}{d\bar{q}}$  может быть получена как решение следующего уравнения

$$K \frac{d\bar{u}}{d\bar{q}} = -\frac{dK}{d\bar{q}} \bar{u}.$$

Наша задача оптимизации может быть представлена как

$$\frac{1}{2}(H(\bar{q})\bar{q}, \bar{q}) \rightarrow \min,$$

$$\frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}} \bar{q}_{i+1} \leq \frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}} \bar{q}_i - \bar{\Psi}(\bar{q}_i),$$

$$-\bar{q} < 0.$$

Уравнения выше представляют собой задачу квадратичной оптимизации с линейными связями. Такая система может быть решена методом условного градиента. Для этого мы потребуем минимизировать проекцию на градиент функции  $C$ ,



$$(H(\bar{q}_i)\bar{q}_i, (\bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i)) \rightarrow \min,$$

при связях

$$\frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}}\bar{q}_{i+1} \leq \frac{d\bar{\Psi}}{d\bar{q}}\bar{q}_i - \bar{\Psi}(\bar{q}_i),$$

$$-\bar{q} < 0.$$

Данная задача является задачей линейного программирования, и может быть решена с помощью, к примеру, симплекс-методом.

Данная процедура продолжается до тех пор, пока не будет выполнено условие

$$\Delta = \bar{q}_{i+1} - \bar{q}_i,$$

$$|\Delta_i| < \varepsilon, i \in [1 \dots n],$$

здесь  $\varepsilon$  – требуемая точность решения.

Полученное решение, строго говоря, не обязательно является оптимальным решением. Метод условного градиента относится к градиентным методам, в ходе решения мы спускаемся к ближайшей седловой точке. Для того, чтобы найти глобальный оптимум, мы должны провести операцию поиска для серии начальных точек, выбираемых, к примеру, случайным образом.

После того как для каждой выбранной точке будет определена ближайшая седловая точка, мы сможем выбрать из этого множества ту точку, в которой функция  $C$  достигает наименьшего значения.

Рассмотрим пример оптимизации системы, состоящей из балочных элементов кругового сечения.

Для кругового сечения геометрические характеристики определяются как

$$A = \frac{\pi}{4}d^2, \quad J = \frac{\pi}{64}d^4,$$

$$y_{max} = \frac{d}{2}, \quad S_y = \frac{d^3}{12},$$

$$b = d, \quad \frac{S_y}{b} = \frac{d^2}{12}.$$

Наши балочные элементы описываются следующими функция формы,

$$\eta_1 = 1 - 3\frac{x^2}{l^2} + 2\frac{x^3}{l^3}, \quad \eta_2 = \left(\frac{x}{l} - 2\frac{x^2}{l^2} + \frac{x^3}{l^3}\right)l,$$

$$\eta_3 = 3 \frac{x^2}{l^2} - 2 \frac{x^3}{l^3}, \quad \eta_4 = \left( \frac{x^3}{l^3} - \frac{x^2}{l^2} \right) l.$$

Функция прогиба определяется следующим образом

$$u = \bar{\eta} \tilde{u},$$

здесь  $\tilde{u}$  – обобщенные координаты элемента в его пространстве

$$\tilde{u} = [u_i, \theta_i, u_{i+1}, \theta_{i+1}],$$

здесь  $u_i$  и  $u_{i+1}$  – прогибы в узлах элемента;

$\theta_i$  и  $\theta_{i+1}$  – повороты сечений в узлах элемента.

Учитывая, следующие зависимости

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{I} y_{max},$$

$$\tau_{max} = \frac{Q_{max} S_y}{I b},$$

и тот факт, что с нашими функциями формы изгибающий момент может достигать максимума только в узлах элемента, мы можем получить вектор поэлементных связей

$$\tilde{\Psi}_i = \begin{bmatrix} \pm E(c_\sigma^1, \tilde{u}) \frac{d}{2} - [\sigma] \\ \pm E(c_\sigma^2, \tilde{u}) \frac{d}{2} - [\sigma] \\ \pm E(c_\tau, \tilde{u}) \frac{d^2}{12} - [\tau] \\ [E(c_\sigma^1, \tilde{u})]^2 \left( \frac{d^2}{4} - \frac{3}{16} \left[ \frac{(c_\sigma^1, \tilde{u})}{(c_\tau, \tilde{u})} \right]^2 \right) \\ [E(c_\sigma^2, \tilde{u})]^2 \left( \frac{d^2}{4} - \frac{3}{16} \left[ \frac{(c_\sigma^2, \tilde{u})}{(c_\tau, \tilde{u})} \right]^2 \right) \\ \pm I \tilde{u} - \begin{bmatrix} [u] \\ [\varphi] \\ [u] \\ [\varphi] \end{bmatrix} \end{bmatrix},$$

здесь

$$\bar{c}_\sigma^1 = \left[ -\frac{6}{l^2}, -\frac{4}{l}, \frac{6}{l^2}, -\frac{2}{l} \right]^T,$$

$$\bar{c}_\sigma^2 = \left[ \frac{6}{l^2}, \frac{2}{l}, -\frac{6}{l^2}, \frac{4}{l} \right]^T,$$

$$\bar{c}_\tau = \left[ \frac{12}{l^3}, \frac{6}{l^2}, -\frac{12}{l^3}, \frac{6}{l^2} \right]^T.$$

Матрица  $H$ , определяется как

$$H_{i,j} = \begin{cases} \frac{\pi}{2} \sum_{k=1}^{N_i} l_k \rho_k, & i = j \\ 0, & i \neq j \end{cases}$$

Для примера решим следующую простую статически определимую задачу

Необходимо для системы, изображенной на рис. 1, определить оптимальные диаметры для элементов 1 и 2, предполагая, что они могут быть разными.

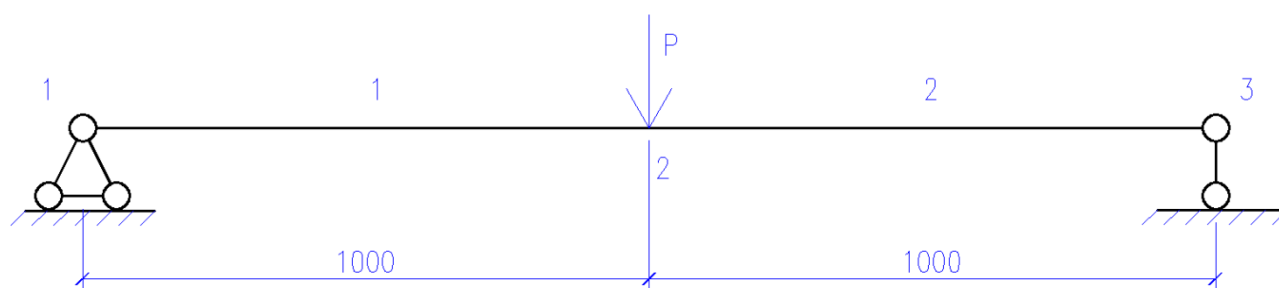


Рис 1. Простая статически определимая система

В задаче  $P = 100$  кН,  $[\sigma] = 210$  МПа,  $\rho = 7,850 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$ .

Задача имеет простое аналитическое решение: наиболее уязвимое сечение находится в центре пролета.

$$M = \frac{1}{4} Pl = \frac{1}{4} \cdot 100 \cdot 2 = 50 \text{ кНм},$$

$$d = \left( \frac{32}{\pi} \frac{M}{[\sigma]} \right)^{\frac{1}{3}} = \left( \frac{32}{\pi} \frac{50}{210 \cdot 10^3} \right)^{\frac{1}{3}} = 0,134353 \text{ м}.$$

Для решения задачи с помощью нашего метода, мы задались начальным вектором

$$q_0 = [0.5, 0.5]^T.$$

Таблица 1

Ход решения задачи, изображенной на рис 1

№	$\bar{q}$	$ \bar{q} - [d, d] $
0	$[0.500, 0.500]^T$	0.517
1	$[0.250, 0.250]^T$	0.163
2	$[0.125, 0.125]^T$	0.013
3	$[0.1331, 0.1331]^T$	0.001
4	$[0.1343, 0.1343]^T$	$3.23 \cdot 10^{-5}$
5	$[0.13435, 0.13435]^T$	$6.20 \cdot 10^{-17}$

Ход решения сведен в таблицу 1.

На рис. 2 изображен процесс приближения к решению

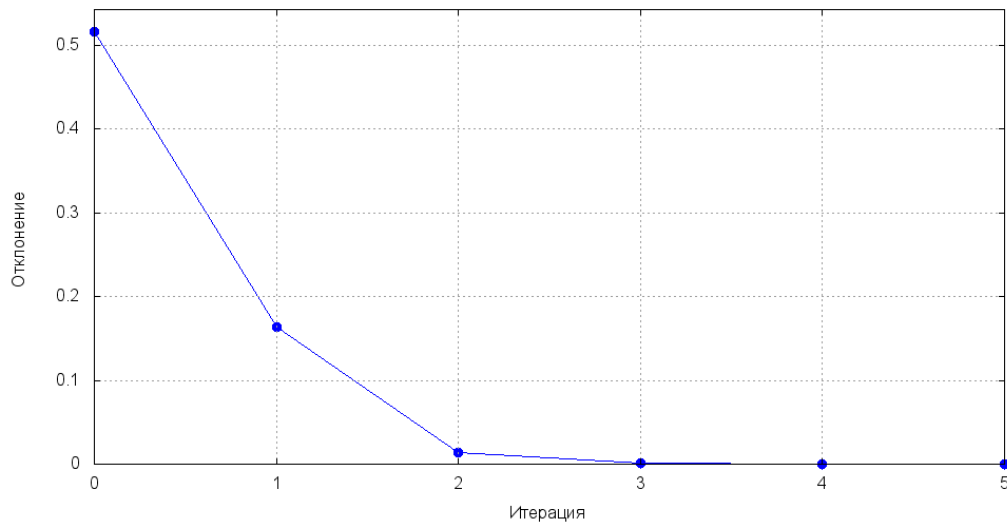


Рис. 2. Отклонение от оптимального решения в зависимости от итерации, определяемое как  $|\bar{q}_i - [d, d]|$ .

Рассмотрим пример оптимизации со статически неопределимой системой (рис. 3).

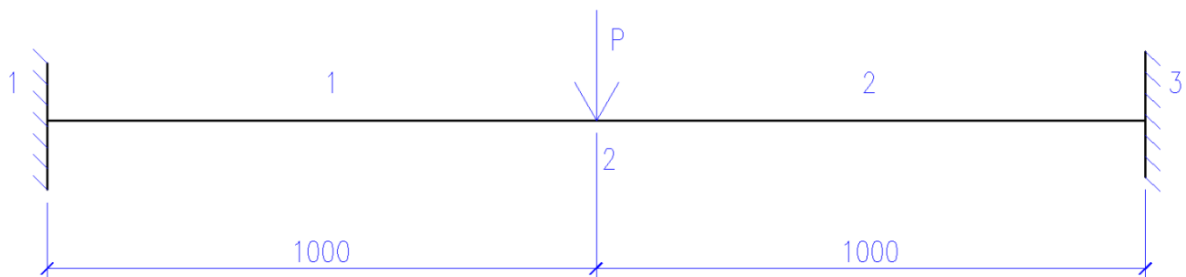


Рис. 3. Статически неопределимая система

Данная задача имеет 3 локальных оптимума:

- диаметр первой балки равен диаметру второй балке. Данное решение является глобальным оптимумом;
- диаметр первой балки равен нулю. В этом случае балка 2 работает как консоль, и воспринимает всю нагрузку от силы  $P$ ;
- диаметр второй балки равен нулю. В этом случае балка 1 работает как консоль и воспринимает всю нагрузку от силы  $P$ .

Для решение этой задачи зададимся 8-ю случайными начальными точками и найдем соответствующие им локальные оптимумы.

Из полученных оптимумов выберем, тот, который обеспечивает наименьшие значение функции  $C$ .

В таблице 2 сведен процесс решения данной задачи: начальные точки, соответствующие им ближайшие седловые точки, а также значения функции  $C$ .

Таблица 2

**Начальные точки и соответствующие им ближайшие седловые точки**

№	Начальное значение	Седловая точка	$C, \tau$
1	$[0.913, 0.195]^T$	$[0.169, 0]^T$	0.176
2	$[0.483, 0.356]^T$	$[0.106, 0.106]^T$	0.138
3	$[0.612, 0.841]^T$	$[0.106, 0.106]^T$	0.138
4	$[0.506, 0.678]^T$	$[0.106, 0.106]^T$	0.138
5	$[0.037, 0.625]^T$	$[0, 0.169]^T$	0.176
6	$[0.993, 0.042]^T$	$[0.169, 0]^T$	0.176
7	$[0.632, 0.593]^T$	$[0.106, 0.106]^T$	0.138
8	$[0.152, 0.636]^T$	$[0, 0.169]^T$	0.176

Данный метод может быть применим к системам произвольной размерности. В дальнейшем планируется адаптировать его для работы с плоскими и объемными конечными элементами, так же адаптировать его для вычисления на гетерогенных вычислительных системах, оснащенных GPU и CPU. В частности, в задаче фигурирует этап линейного программирования, который может быть реализован на GPU алгоритмами, представленными в работах [1] и [5].

### Библиографический список

1. M. D. Tandale, S. Wiraatmadja, V. V. S. Sai Vaddi, J. L. Rios, Massively Parallel Optimal Solution to the Nationwide Traffic Flow Management Problem, Aviation Technology, Integration, and Operations Conference, (American Institute of Aeronautics and Astronautics, Los Angeles, 2013).
2. O.C. Zienkiewicz, R.L. Taylor, Finite element method for solid and structural mechanics (Butterworth-Heinemann, Oxford, 2005).
3. J. F. Bonnans, J. C. Gilbert, C. Lemaréchal, C. A. Sagastizábal, Numerical optimization: Theoretical and practical aspects (Springer-Verlag, Berlin, 2006).
4. P. T. Boggs, J. W. Tolle, Journal of Computational and Applied Mathematics, Vol. 124, 123-137 (2000).
5. L. Jianming, L. Renping, H. Xiangpei, J. Zhongqiang, Intelligent Decision Technologies: Proceedings of the 3rd International Conference on Intelligent Decision Technologies, (Springer Berlin Heidelberg, Berlin, 2011), p. 37-46

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЕРСПЕКТИВНОГО РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ОТВЕДЕНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ СТОЧНЫХ ВОД**

*Рябинина Е. Г.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, [katyfik@yandex.ru](mailto:katyfik@yandex.ru)

**Аннотация.** Ввиду ежегодного расширения городов и поселков, динамического роста промышленных предприятий все острее затрагивается вопрос рационального использования водных ресурсов и охраны окружающей среды. Системы и сооружения систем водоснабжения и водоотведения относятся к критичным инфраструктурам и требуют мероприятий по обеспечению безопасности и надежности их работы. Это внедрение инновационных разработок энергоэффективных технологий систем водоснабжения и водоотведения, в частности, для отведения поверхностных сточных вод с территорий жилой застройки и предприятий. Так, например, переход к бестраншейным технологиям позволяет снизить риски нарушения городских инфраструктур, модернизировать и ускорить процесс прокладки, ремонта и реконструкции подземных коммуникаций. Геологические условия местности не всегда позволяют прокладывать самотечные трубопроводы по причине глубины заложения свыше 8–9 м и вынуждают оптимизировать сети посредством разработки экономических и энергосберегающих конструкций регулирующих резервуаров или насосных станций перекачки поверхностных сточных вод с автоматизированным управлением всем технологическим и насосным оборудованием.

**Ключевые слова:** ливневая канализация, поверхностный сток, насосная станция, приемный резервуар, перекачка поверхностного стока, прокладка трубопроводов, бестраншейные технологии.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **TECHNICAL AND ECONOMIC ASPECTS OF PERSPECTIVE DEVELOPMENT IN THE STORM WATER DRAINING SYSTEMS**

*Ryabinina E. G.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, katyfik@yandex.ru

**Abstract.** In view of the annual expansion of cities and towns, the dynamic growth of industrial enterprises, the issue of rational use of water resources and environmental protection is increasingly being involved. Systems and installations of water supply and sewerage belong to critical infrastructures and require measures to ensure the safety and reliability of their operation. This is the introduction of innovative developments in energy-efficient technologies for water supply and sewerage, in particular, for the disposal of storm sewage from residential areas and enterprises. So, for example, the conversion to trenchless technologies allows to reduce risks of disturbance of urban infrastructures, to modernize and speed up the process of pipe laying, repairing and renovation underground communications. The geological conditions of the site don't always allow gravity pipelines to be laid because of the depth of laying above 8–9 m and force to optimize the network by developing economical and energy-saving designs of regulating tanks or storm water pumping stations with automated control of all technological and pumping equipment.

**Key words:** storm drainage, surface runoff, pumping station, receiving tank, transfer of surface runoff, pipe laying, trenchless technologies.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Более 50 % трубопроводов систем водоснабжения и водоотведения в РФ находятся в критическом состоянии и требуют замены или реконструкции. Если говорить собственно о сетях ливневой канализации, то их катастрофически не хватает, что ведет к их незамедлительному проектированию.

В сфере инновационных технологий прокладки трубопроводов в настоящее время бестраншейные технологии занимают передовые позиции как в РФ, так и за рубежом. Традиционной открытый способ прокладки ушел на второй план.

Принципиальной особенностью бестраншейной прокладки трубопроводов является способность проводить более 90 % всех работ под землей, исключая необходимость рытья траншей [7]. В результате сохраняется экология и ландшафт, а применение в крупных городах с высокой плотностью населения позволяет не нарушать городскую инфраструктуру, т.е. транспортные потоки и повседневный ритм жизни населения. Они позволяют сократить сроки проведения работ и исключить дополнительные расходы на восстановление дорожных покрытий и озеленение приближенных к месту строительства территорий, а ремонт и восстановление трубопроводов обходится значительно дешевле. Более того, бестраншейная прокладка не зависит от погодных условий, следовательно, позволяет совершать срочные и аварийные ремонтные работы.

В основе методов бестраншейной прокладки лежит отказ от применения ручного труда и переход к специализированной требующей лишь некоторого надзора техники, что позволяет экономить на ее содержании и сокращении бригад рабочих до 3–5 человек. Все большую популярность набирает дистанционное управление с применением надежных высокочувствительных измерительных приборов и средств автоматизированного регулирования и контроля.

Но не всегда даже бестраншейная прокладка осуществляется беспрепятственно. Необходимо учесть все условия для возможности применения той или иной технологии. Частый случай – это резкие перепады высот поверхности земли, что вызывает необходимость изменять трассировку сетей и стараться избежать удорожания работ по прокладке трубопроводов.

С данной проблемой столкнулись при проектировании сети одного из городов Свердловской области со сложным рельефом. Самотечная сеть ливневой канализации на протяжении около 600–700 м была запроектирована с заглублением до 8–11 м, что на практике вряд ли будет реализовываться. Если не отходить от трассировки с самотечной сетью, то на стадии прокладки трубопроводов возникнут финансовые проблемы, в первую очередь, так как при такой ситуации и грунтах возможно лишь применение технологии



микротоннелирования с прокладкой железобетонных труб, что с экономической точки зрения, приведет к удорожанию работ в несколько раз.

Альтернативным вариантом решения проблемы является установка на сети насосной станции перекачки поверхностных сточных вод с колодцем-гасителем напора в наивысшей отметке земли.

Поверхностный сток – очень непостоянный сток, так как дожди идут нерегулярно, талая вода образуется лишь в весеннее время, а зимой и вовсе не образуется ливневых стоков. Поэтому насосная станция будет работать нерегулярно с длительными периодами простоя.

Расчет насосной станции перекачки незарегулированного расхода дождевого стока производился по методу предельных интенсивностей с использованием расчетных зависимостей типового гидрографа дождевого стока [3]. Производительность насосной станции перекачки поверхностных сточных вод прямо пропорционально зависит от объема ее приемного резервуара и определение производительности производится параллельно с определением объема резервуара по математическим зависимостям, выраженными формулами [3].

Гидравлический расчет участка сети города показал, что в точку приема стоков в насосную станцию приходит максимальный расход дождевых вод 1900 л/с ( $Q_r$ ) за 30 минут ( $t_r$ ). Методом подбора значений на основании закономерностей изменения параметров работы насосной станции перекачки поверхностных стоков был определен наиболее оптимальный вариант из экономических и эксплуатационных соображений.

Насосная станция начинает работать спустя 2 мин 30 сек от начала дождя, сток перекачивается в течение 31 мин. При этом суммарная производительность насосов составила 925 л/с, а полезный объем воды в приемном резервуаре, заключенный между уровнями включения и отключения насосов, 1050 м<sup>3</sup>. Зависимости изменения характеристик насосной станции отражены на графике (рис. 1).

Для наглядности был построен расчетный гидрограф (рис. 2), который отражает зависимость роста или спада притока поверхностного стока в расчетном створе сети от интенсивности концентрации стока и продолжительности дождя.

Отношение общей суммарной производительности насосов к поступающему в приемный резервуар насосной станции максимальному расходу дождевых вод выбирался из технико-экономических показателей с учетом:

- снижения производительности насосов;
- уменьшения диаметра напорного трубопровода;
- уменьшения стоимости приемного резервуара насосной станции.

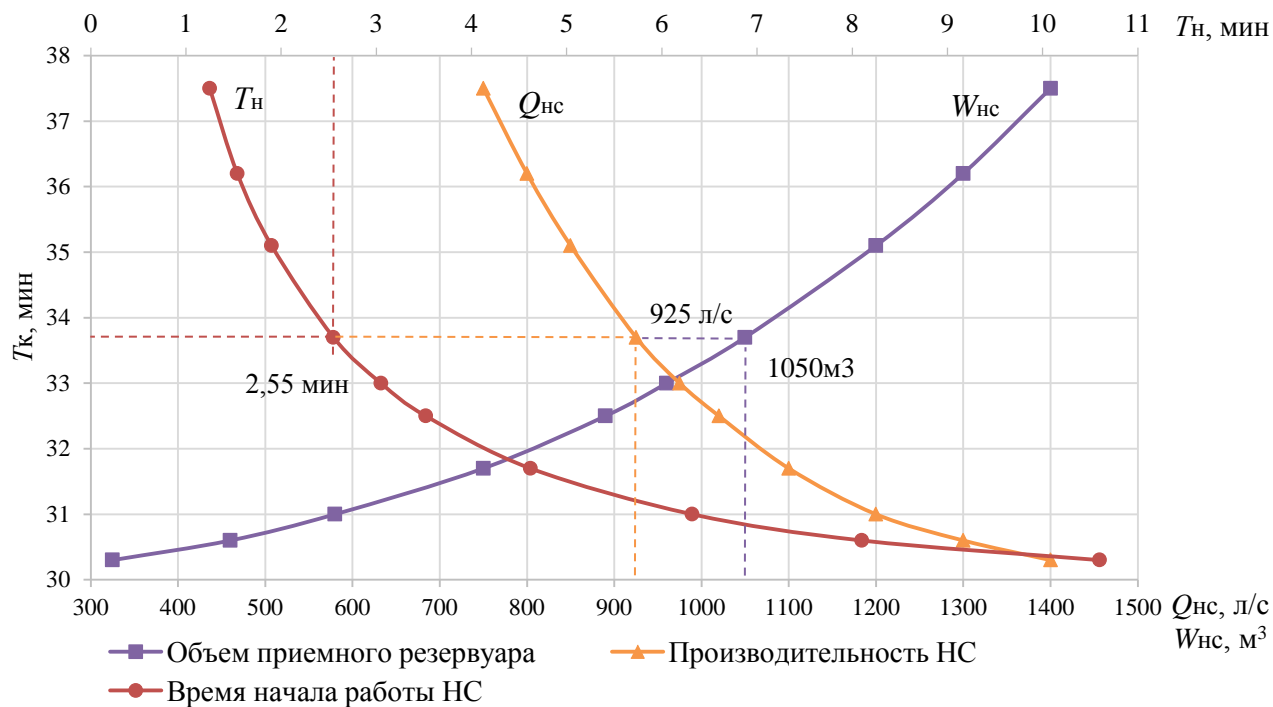


Рис. 1. График зависимости изменения параметров насосной станции от продолжительности ее работы

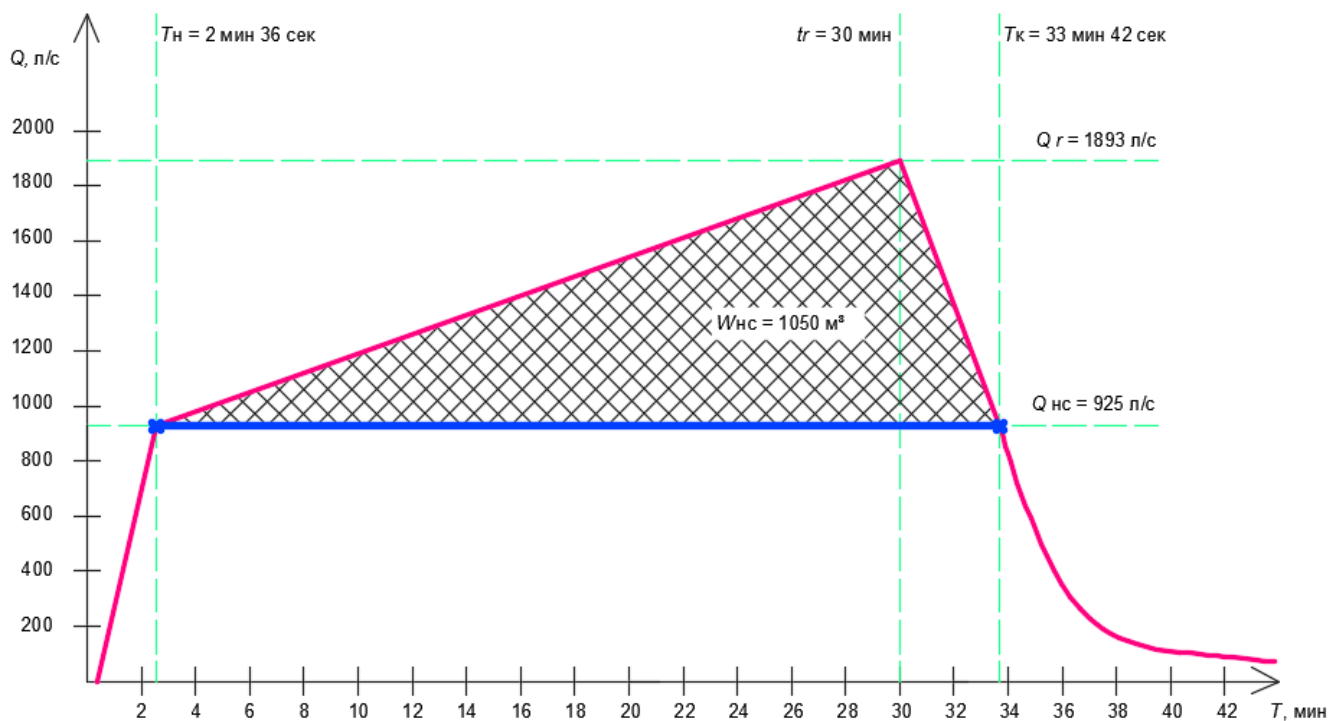


Рис. 2. Расчетный гидрограф перекачки незарегулированного стока

Подбор максимально упрощенной конструкции приемного резервуара насосной станции необходим, чтобы:

- снизить капитальные затраты на строительство и установку резервуара, земляные работы и работы по восстановлению поверхности (дорожные покрытия, зеленые насаждения);
- снизить до минимума затраты на ремонт;
- предотвратить накопление осадков и поверхностных отбросов на дне;
- предотвратить затопление резервуара и прилегающих территорий;
- снизить удельные затраты энергии на отопление, вентиляцию, освещение и др.;
- повысить надежность работы насосного оборудования;
- сохранить природные ресурсы (защита естественной среды обитания и биологического разнообразия);
- сократить выбросы загрязнённых вод, мусора и вредных веществ в окружающую среду.

При некорректном проектировании приемного резервуара гидравлическая среда может повлиять на работу насосов, что приведет к снижению производительности конструкции и сокращению срока службы насосов [10, 11].

С учетом данных критериев реальнее всего будет устройство железобетонного резервуара диаметром 12 м с учетом расположения в нем 5 насосов.

В целях компенсации неравномерности поступления в насосную станцию поверхностных стоков и увеличения срока службы насосов устанавливается группа из 5 рабочих насосов погружного типа одинаковой производительности (185 л/с) с автоматической системой включения их в работу по уровням накопления дождевых вод в приемном резервуаре. Установка резервного насоса не является обязательной по [1], поэтому резервный насос будет храниться на складе для устранения непредвиденных аварийных ситуаций.

Установка погружных насосов связана с сокращением общих строительных затрат на 40–60 % и сроков строительства насосной станции, повышения ее безопасности за счет увеличения срока службы насосов до 15–20 лет. Погружные насосы относятся к современным разработкам, поэтому имеют ряд преимуществ перед центробежными, что также значительно влияет на снижение затрат на обслуживание, ремонт, энергопотребление (входят в LCC).

Предпринимая меры по снижению удельных затрат энергии решается одновременно проблема дефицита энергоресурсов, вызванная возрастанием стоимости их добычи, а также глобальная экологическая проблема. С технико-экономической, экологической и социальной точек зрения эффективное использование энергоресурсов возможно в полной мере за счет применения инновационных решений в сфере водного хозяйства.

Для проведения технико-экономического сравнения насосного оборудования были рассмотрены насосы фирм-производителей Flygt, KSB Grundfos. Так как насосы имеют

схожие характеристики, то определяющим фактором при выборе являлись общие затраты за весь срок службы насоса (LCC), более 50 % от которых составляют затраты на потребление электроэнергии. В табл. 1 отражены данные об энергозатратах за год и за 15 лет периодической работы насосов из расчета среднегодового объема образующегося поверхностного стока 252 196 м<sup>3</sup>. Относительное энергопотребление насосов отражено на диаграмме (рис. 3).

Таблица 1

Энергопотребление насосов за срок службы

Производитель	$H$ , м	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	Ном. мощность, кВт	Уд. мощность, кВт/м <sup>3</sup>	Энергопотребление в год, кВт	Энергопотребление за срок службы, кВт	Относительное энергопотребление, %	Стоимость 1 кВт/ч, руб.	Плата за год, руб.
Flygt	30,4	670,0	85	0,127	31995	479925	112	3,54	113262
Grundfos	31,9	687,6	85	0,124	31176	467641	105	3,54	110363
KSB	30,0	680,0	80	0,118	29670	445052	100	3,54	105032

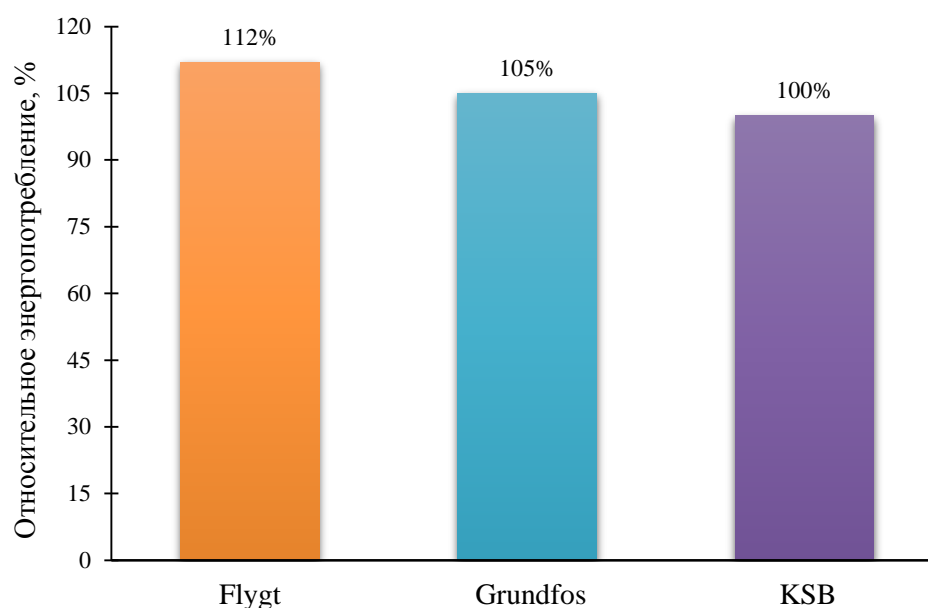


Рис. 3. Диаграмма энергопотребления насосов за 15 лет периодической работы

В целях снижения энергопотребления применяются электроприводы с частотным регулированием, способные изменять частоту вращения рабочего колеса насоса в зависимости от реальной нагрузки в течение суток. Это позволяет экономить электроэнергию на 30–50 %.

Для приема и распределения электроэнергии по потребителям предусматривается вводно-распределительный щит с обеспечением резервным электроснабжением (ABP) и с необходимым набором пусковой и защитной аппаратуры.

Степень надежности насосных станций перекачки поверхностных сточных вод ниже, чем для КНС бытовых сточных вод, тем самым появляется возможность включения всех насосов в работу параллельно с целью перекачки максимального расхода поступающих дождевых вод. В то же время техническая эксплуатация насосной станции должна обеспечивать бесперебойную и надежную работу насосного и другого оборудования. Вследствие этого работа насосной станции предусматривается полностью в автоматическом режиме при помощи локальной системы управления, для которой прописывается индивидуальная логическая программа. Система автоматизации выполняет требуемые функции защит, блокировок, контроля и управления всего технологического оборудования и обеспечивает автоматическое включение/отключение насосов при поступлении сигналов от поплавковых датчиков, контролирующих разные уровни воды в приемном резервуаре.

Разрабатывать и оптимизировать новые критические инфраструктуры систем отведения поверхностных сточных вод необходимо параллельно адаптируя их к возможным изменениям климатических условий и использовать стратегические проекты, предусматривающие эксплуатацию систем и технологий в экстраординарных условиях с минимумом риска.

Также важную роль при разработке проектов играет перспективная застройка. Проектирование сетей ливневой канализации должно проходить согласно современных тенденций строительства и учитывать:

- возможность подсоединения новых сетей;
- периодические реконструкции других подземных коммуникаций;
- расширение дорожных покрытий и строительство новых;
- перспективные жилые и общественные застройки и др.

Подводя итоги, нужно сказать, что оба варианта имеют свои преимущества и недостатки. Экономический анализ вариантов состоял в соотношении укрупненных объемов строительных или земляных работ, опирающиеся на данные по длинам и диаметрам самотечных и напорных трубопроводов, глубине заложения, глубине и размеру приемного резервуара насосной станции, и основных параметров работы насосной станции.

Прокладывая самотечную сеть нужно понимать, что помимо сложностей прокладки сети на глубине более 6 м и дороговизны технологии микротоннелирования, практически исключены аварии и ремонты на участках сети. Из-за возможных ошибок технико-экономических проектных расчетов, эксплуатационных и природных рисков, например, образования дефектов в таких слабых местах, как швы, безопасность городской инфраструктуры может оказаться под угрозой.

Сделанные предварительные технические и экономические расчеты показали целесообразность изменения трассировки сети ливневой канализации с целью устройства на ней насосной станции перекачки поверхностных сточных вод. Данный вариант кажется более доступным и реальным, но нужно оценивать колебания общих капитальных затрат, складывающихся из стоимости насосного оборудования, конструкции и материала приемного резервуара, земляных работ, стоимости оборудования систем электроснабжения, автоматизации, вентиляции, отопления. Есть большой риск выхода из строя насосной станции, с целью избежать значительных затрат на ремонт необходим высокий резерв оборудования. Требуется тщательная проработка общей конструкции и автоматизации всех происходящих процессов, чтобы обеспечить бесперебойную и надежную работу насосной станции с минимумом энергозатрат и капитальных затрат. Избежать выхода из строя насосной станции и значительных затрат на дальнейший ремонт также может помочь высокий резерв оборудования.

### **Библиографический список**

1. СП 32.13330.2012 Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03-85 (с Изменениями N 1);
2. СП 31.13330.2012 Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.02-84 (с Изменениями N 1, 2);
3. Методическое пособие. Рекомендации по расчету систем сбора, отведения и очистки поверхностного стока с селитебных территорий, площадок предприятий и определению условий выпуска его в водные объекты / - М.: ОАО НИИ ВОДГЕО, 2015г. – 146с.;
4. Рыбаков А.П. Основы бестраншейных технологий / А.П. Рыбаков. М.: ПрессБюро, 2005. – 304 с.;
5. Березин С.Е. Насосные станции с погружными насосами. Расчет и конструирование. С.Е. Березин. М.: Стройиздат, 2008 г. – 144с.;
6. Теория и практика систем водоотведения. Grundfos wastewater. М., 2010. – 116с.;
7. Орлов В. А. Технологии бестраншейной прокладки и ремонта трубопроводов / В. А. Орлов. М.: МГСУ, 2012. – 210 с.;
8. Stormwater drainage manual. Planning, design and management. Fourth edition, 2013;
9. Данилович Д.А. Справочник наилучших эффективных технологий. Раздел: Водоотведение / Д.А.Данилович. М., 2015. – 125с.;
10. Design recommendations for pump stations with midrange centrifugal Flygt wastewater pumps. Xylem, Inc., 2015;
11. Design Recommendations for pump stations with large centrifugal Flygt wastewater pumps. Xylem, Inc., 2015;
12. Leopold Scheuble. 3R international 43 Special Steel Pipeline Technology. Trenchless technologies in pipeline construction. Leopold Scheuble, 2004.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

## **МОДАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРУБОПРОВОДОВ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ**

*Секачева А. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, [tonechka\\_marakulina@mail.ru](mailto:tonechka_marakulina@mail.ru)

*Пастухова Л. Г.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, [l.g.pastuhova@urfu.ru](mailto:l.g.pastuhova@urfu.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена проблеме возникновения шума и вибрации от трубопроводных систем многоэтажных зданий. Предложен способ определения вероятности возникновения повышенных вибраций с помощью модального анализа в программном комплексе ANSYS Workbench. Проведен численный анализ различных по диаметру и длине прямолинейных участков трубопровода. Представлены результаты численного анализа влияния длины и диаметра элемента трубопроводной системы на изменение значений частот его собственных колебаний с целью прогноза риска возможных резонансных режимов. Рассчитаны максимальные допустимые длины пролетов между креплениями для участков трубопровода диаметром 15, 20, 25, 32, 40, 48, 60, 70, 102, 114, 140, 168, 180, 219 мм.

**Ключевые слова:** модальный анализ, частота собственных колебаний, вибрация, трубопроводные системы, ПК ANSYS.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **MODAL ANALYSIS OF PIPELINES OF ENGINEERING SYSTEMS OF BUILDINGS**

*Sekacheva A. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, tonechka\_marakulina@mail.ru

*Pastukhova L. G.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, l.g.pastuhova@urfu.ru

**Abstract.** The article discusses the occurrence of noise and vibration from the piping systems of multi-storey buildings. A method for determining the probability of excessive vibrations using modal analysis software ANSYS Workbench complex. The digital analysis different on diameter and length of straight sections of the pipeline is carried out. The results of the digital analysis of influence of length and diameter of an element of the pipeline system on change of values of frequencies of its natural oscillations for the purpose of the forecast of risk of the possible resonant modes are provided. The maximum admissible lengths of flights between fixings for sections of the pipeline with a diameter of 15, 20, 25, 32, 40, 48, 60, 70, 102, 114, 140, 168, 180, 219 mm are calculated.

**Key words:** modal analysis, frequency of natural oscillations, vibration, pipeline systems, PC ANSYS.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



Рост числа многоэтажных многоквартирных жилых домов в современной застройке крупных городов приводит к необходимости использования оборудования повышенной мощности для инженерных систем зданий.

В связи с этим на первый план выходят вопросы, связанные с формированием комфортной среды для жизни человека.

Тем не менее, все чаще возникают ситуации, когда системы обеспечения комфорта становятся источниками дискомфорта. Эти ситуации могут быть обусловлены рядом проблем.

Одну из таких проблем представляет собой шум и вибрация от работы насосного оборудования большой мощности (более 400 кВт при расходе выше 0,5 м<sup>3</sup>/с), таких как, к примеру, циркуляционные насосы систем водоснабжения или систем теплоснабжения от крышных газовых котельных. Такое оборудование, как правило, расположено в индивидуальных тепловых пунктах (ИТП), размещенных в подвалах многоэтажных жилых зданий.

По данным Управления Роспотребнадзора по городу Москве в 2012 году от жителей Южного административного округа в территориальный отдел поступило 252 жалобы на ухудшение условий проживания, связанных с воздействием различных физических факторов, из них 223 обращения связаны с воздействием шума и вибрации, 21 из которых - жалобы на шум от инженерного оборудования жилых зданий (систем отопления, систем вентиляции, оборудования и пр.) [1].

Показатели шума и вибрации превышают предельно-допустимые уровни (предельно допустимый эквивалентный уровень звука – 25 дБА, предельно допустимый эквивалентный уровень скорректированного виброускорения – 62 дБ), установленные санитарными нормами [2–4], в жилых помещениях, расположенных на первом этаже над ИТП.

Превышение предельно-допустимых уровней также наблюдается в квартирах, расположенных на различных этажах. Так жители 18-этажного дома с крышной котельной, проживающие на десятом, двенадцатом и семнадцатом этажах, обратились в одну из управляющих компаний г. Екатеринбурга с жалобами на повышенные показатели шума и вибрации от монолитных стен, смежных с коммуникационными шахтами. Экспериментальные исследования показали, что шум в 0,5 м от таких стен имеет низкочастотный характер (от 10 Гц). Пики, соответствующие работе насосных установок, приходятся на частоты 12,5 и 50 Гц.

Колебания жидкой среды в первую очередь распространяются по потоку воды, который транспортируется по трубам. Также вибрационное и шумовое воздействие воспринимается стенками трубопровода и передается на ограждающие конструкции здания

(стены, перекрытия). Кроме того, эти колебания передаются воздушной среде и, тем самым, вызывают шум не только в помещениях, содержащих источники шума, но и в помещениях, расположенных по соседству.

Распространение структурного шума по стенкам трубопроводов к конструкциям здания связано с разными причинами:

- недостаточная или некачественная виброизоляция основания насосного оборудования и мест его соединения с трубопроводом;
- наличие акустических мостиков: металлические элементы, стойки, отсутствие гильз в местах прохождения труб через конструкции и пр., устранение которых приводит к снижению уровня звука на 5–6 дБ;
- кавитация;
- некачественный подбор гидравлической арматуры;
- некачественный подбор насосного оборудования;
- некачественная замена старого насосного оборудования здания на новое, имеющее технические характеристики, несоответствующие действующей в доме гидросистеме;
- изменение параметров действующих инженерных систем.

Помимо всего прочего, работа насосов вызывает постоянную и непостоянную вибрацию и шум, т.к. характеризуется двумя режимами (постоянным и периодическим), т.е. представляет собой нестационарные процессы. Это также осложняет решение данной задачи.

Методом предотвращения возникновения повышенного шума и вибрации в трубопроводе является снижение пульсаций транспортируемой жидкости. Основным методом снижения пульсации жидкости или газа состоит в выполнении трубопроводной системы таким образом, чтобы исключить в ней явление резонанса, т.е. соответствующим образом выбрать ее длину и форму [5]. Таким образом, представляется актуальность снижения вибрации и шума за счет исключения возможности резонанса еще на этапе проектирования.

Первый этап вибрационного исследования конструкции – это расчет параметров ее собственных колебаний. Его основной целью является определение степени опасности возможных резонансных режимов. Если опасные гармоники попадают в рабочий диапазон действующих внешних воздействий, то трубопровод будет подвергаться повышенной вибрации или создавать шум. В таком случае предпринимаются попытки изменить конфигурацию трубопровода таким образом, чтобы вывести его собственные частоты за рабочий диапазон, также может производиться оценка опасности резонансных колебаний по величине возникающих деформаций и напряжений в трубе [6].

Такой метод – метод модального анализа – обширно используется для изучения вибраций строительных конструкций [7-11], хотя для решения вибрационных задач гидросистем он практически не применяется.

В данной работе был проведен численный анализ различных по диаметру и длине прямолинейных участков трубопровода в ПК ANSYS Workbench Release 12.0. Величины наружных диаметров труб (мм) приняты по ГОСТ 10704-91 «Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент»: 15х1,6; 20х2,0; 25х2,0; 32х2,8; 40х3,0; 48х3,0; 60х3,8; 70х4,0; 102х5,0; 114х5,0; 140х5,0; 168х5,0; 180х5,0; 219х6,0.

Исследование проводилось с целью исключения возникновения резонансных явлений при вибрационном воздействии насосных установок на участки трубопровода.

Основная задача заключалась в определении некоторого критического значения длины участка трубопроводной системы между креплениями, позволяющего исключить попадание частот собственных колебаний участка на пики частот вынужденных колебаний насосных установок.

На первом этапе исследования производились вычисления при трех расчетных длинах для каждого из участков: 1,5 м, 3 м и 6 м. Результаты этих вычислений представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Результаты вычислений для участков различных диаметров по трем расчетным длинам**

Диаметр участка, мм	Длина участка, м	Частота собственных колебаний (Гц) для формы собственных колебаний									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	1,5	235,4	235,4	476,6	476,6	728,9	729,0	997,0	997,1	1284,5	1284,6
	3,0	96,7	96,7	194,3	194,3	293,4	293,4	394,9	394,9	499,4	499,4
	6,0	40,6	40,6	81,4	81,4	122,4	122,4	163,7	163,7	205,5	205,5
20	1,5	210,5	252,8	432,6	514,8	676,8	794,7	951,0	1100,0	1261,0	1435,2
	3,0	82,7	97,0	167,1	195,4	255,0	296,6	347,7	402,1	446,8	512,9
	6,0	34,2	39,3	68,6	78,9	103,5	118,8	139,2	159,4	175,8	200,9
25	1,5	107,2	107,5	260,1	260,7	476,0	476,8	758,1	759,0	1106,4	1107,5
	3,0	37,4	37,6	83,0	83,2	141,3	141,7	214,9	215,4	304,6	305,2
	6,0	15,2	15,3	31,6	31,8	50,1	50,4	71,4	71,8	96,1	96,5
32	1,5	153,2	170,2	355,3	383,7	629,1	664,0	980,9	1019,3	1411,2	1451,5
	3,0	53,7	60,7	116,0	128,7	192,6	209,6	286,9	307,0	400,4	422,5
	6,0	20,9	23,7	43,1	48,4	67,8	75,3	95,7	105,2	127,5	138,6
40	1,5	129,9	129,9	358,4	358,4	699,6	699,7	1146,3	1146,4	1405,7	1695,5
	3,0	32,7	32,7	89,9	89,9	175,7	175,7	291,0	291,0	432,9	432,9
	6,0	8,2	8,2	22,5	22,5	44,1	44,1	72,9	72,9	108,7	108,7

Диаметр участка, мм	Длина участка, м	Частота собственных колебаний (Гц) для формы собственных колебаний									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
48	1,5	179,2	208,0	471,4	513,5	899,2	946,5	1455,8	1505,5	2135,2	2185,8
	3,0	50,9	66,6	127,4	152,6	237,5	267,8	383,3	416,1	562,6	597,1
	6,0	16,2	24,1	37,4	51,4	66,3	84,3	103,5	124,3	149,4	172,1
60	1,5	248,7	265,1	620,5	645,3	1147,7	1176,0	1830,1	1859,7	2647,7	2677,9
	3,0	77,9	85,5	181,5	194,2	322,5	338,1	504,0	521,3	726,5	744,9
	6,0	27,2	30,3	58,8	64,5	98,1	105,6	146,5	155,4	204,9	214,7
70	1,5	246,6	246,8	666,3	666,8	1279,8	1280,7	1884,9	2068,0	2069,2	2921,7
	3,0	64,5	64,5	172,9	173,0	333,8	333,9	545,8	545,9	807,3	807,5
	6,0	18,0	18,1	46,1	46,2	87,2	87,3	141,4	141,5	208,9	209,0
102	1,5	366,9	368,7	978,8	981,2	1849,5	1851,9	1871,8	2933,7	2935,9	3002,1
	3,0	96,2	97,4	258,6	260,1	498,0	499,7	810,4	812,1	1135,0	1191,0
	6,0	25,9	26,6	67,8	68,8	129,7	130,8	211,4	212,6	312,7	313,9
114	1,5	414,7	415,8	1105,2	1106,5	1786,8	2078,0	2079,4	3066,1	3272,9	3274,2
	3,0	108,2	108,9	293,1	294,0	565,7	566,7	919,9	920,9	1011,0	1349,2
	6,0	28,4	28,8	75,9	76,5	146,7	147,3	240,2	240,8	356,0	356,7
140	1,5	534,3	538,1	1395,5	1400,6	2164,1	2582,2	2587,9	3185,9	3700,0	3998,8
	3,0	145,7	148,7	384,3	388,5	730,3	735,0	1174,3	1179,2	1484,9	1638,3
	6,0	40,2	41,7	102,9	105,1	194,2	196,7	314,1	316,7	461,7	464,4
168	1,5	641,9	643,2	1664,5	1665,8	2012,7	3030,7	3031,7	3254,6	3731,2	4619,8
	3,0	172,7	173,9	462,8	464,4	882,1	883,7	1191,2	1414,2	1415,7	1689,5
	6,0	45,8	46,6	121,9	122,9	234,1	235,3	381,6	382,7	562,5	563,6
180	1,5	686,9	688,9	1771,5	1774,7	1986,9	3204,1	3207,9	3272,6	3761,3	4850,6
	3,0	185,0	185,9	496,5	497,9	945,4	947,1	1115,2	1513,6	1515,5	1706,1
	6,0	48,6	49,1	130,6	131,3	252,0	252,8	411,1	412,0	606,1	607,0
219	1,5	805,9	806,4	1898,0	2029,8	2030,5	3210,9	3581,2	3582,0	3708,7	5294,0
	3,0	220,1	220,5	589,5	589,9	1000,6	1113,7	1114,2	1691,4	1762,3	1762,8
	6,0	57,4	57,6	155,9	156,2	301,7	302,0	491,5	491,9	555,4	722,4

Распределение частот собственных колебаний по формам собственных колебаний для участков трубопровода различных диаметров длиной 6 м представлено на поверхностной диаграмме (рис. 1).

Проанализировав данные таблицы 1 и диаграммы, можно сделать выводы:

1. При сокращении длины незакрепленной части трубопровода («прогона») в несколько раз спектр частот ее собственных колебаний смещается в область высоких частот. Как правило, увеличение частоты собственных колебаний соответствует уменьшению амплитуды этих колебаний [12]. К примеру, для 6-метрового участка с наружным диаметром 114 мм, заполненного водой, частота собственных колебаний для первой формы колебаний

(рис. 2) равна 28,4 Гц, а для 1,5-метрового участка, заполненного водой, частота собственных колебаний для первой формы колебаний равна 414,7 Гц.

2. При уменьшении длины «прогона» трубопровода наблюдается сокращение плотности распределения собственных частот колебаний [12]. Из таблицы видно, что первые 10 собственных частот 1,5-метрового участка трубы с наружным диаметром 114 мм, заполненного водой, лежат в диапазоне 414,7–3274,2 Гц, 6-метрового участка трубы, заполненного водой – в диапазоне 28,4–356,7 Гц.

3. Уменьшение длины «прогона» сокращает вероятность появления резонанса в трубопроводной системе от насосной установки [12].

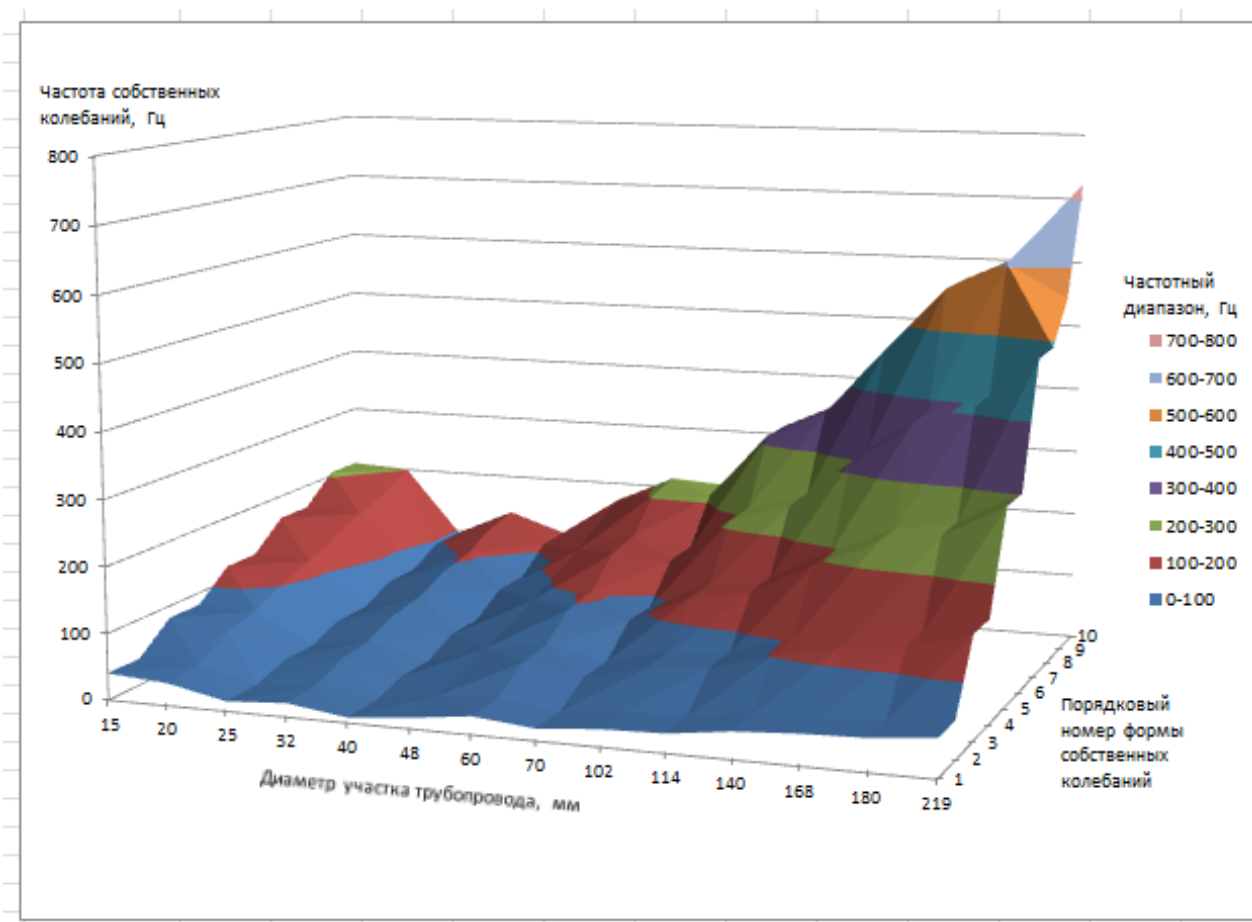


Рис. 1. Распределение частот собственных колебаний по формам собственных колебаний для участков трубопровода различных диаметров длиной 6 м

На основе такого анализа можно сформулировать рекомендации по длине «прогона» для труб различных диаметров. Эти рекомендации будут полезны инженерам-проектировщикам трубопроводных систем [12].

Находим критические длины «прогона» между креплениями, позволяющие исключить попадание частот собственных колебаний участка на пики частот вынужденных колебаний от насосных установок, для участков трубы с диаметрами 15, 20, 25, 32, 40, 48, 60,

70, 102, 114, 140, 168, 180, 219 мм. Все участки заполнены водой, имеющей температуру окружающей среды (22°C).

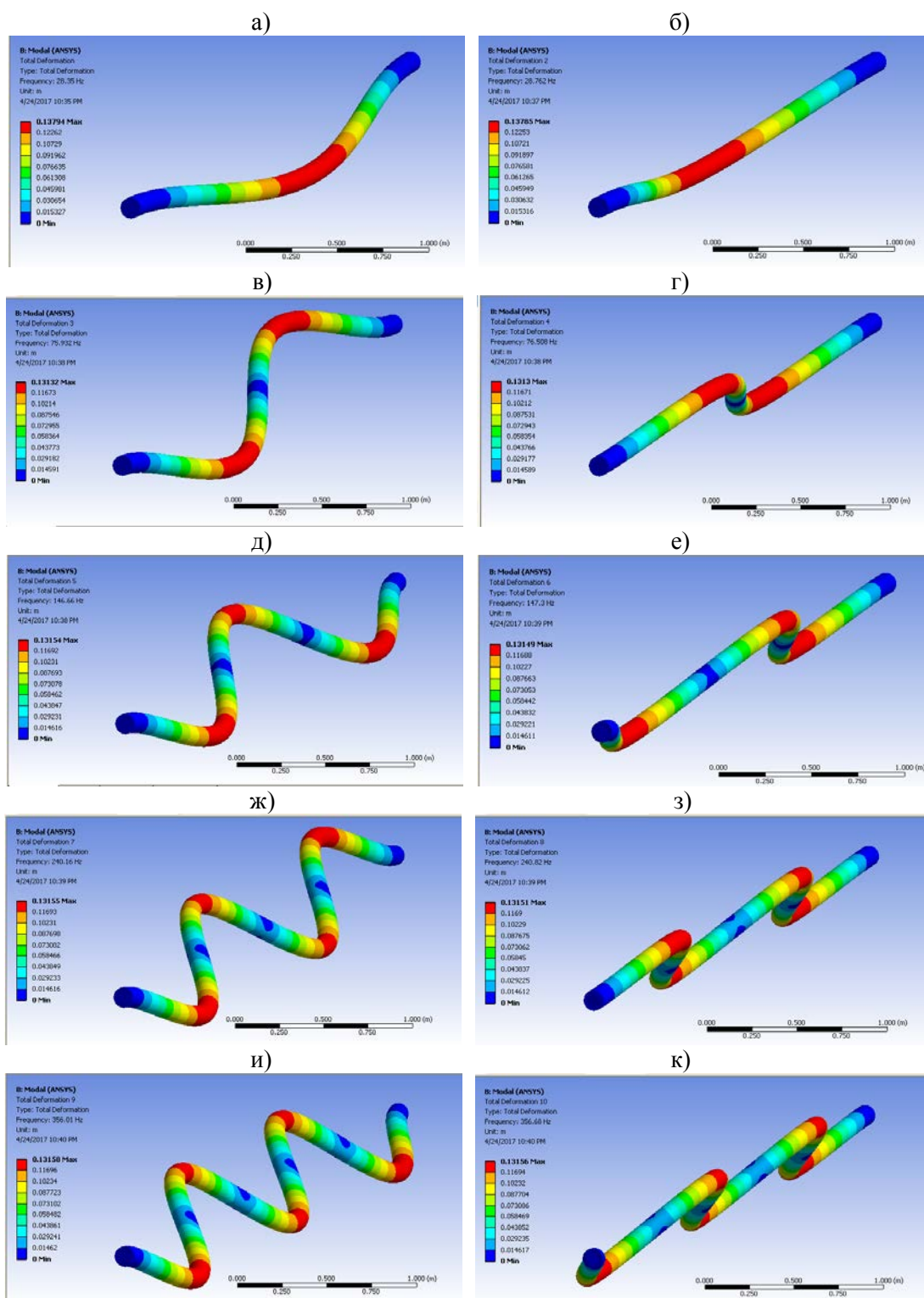


Рис. 2. Формы собственных колебаний 6-метрового прямолинейного участка трубопроводной системы наружным диаметром 114 мм и толщиной стенки 5,0 мм, заполненного водой:

- а – 1-я форма собственных колебаний; б – 2-я форма собственных колебаний;
- в – 3-я форма собственных колебаний; г – 4-я форма собственных колебаний;
- д – 5-я форма собственных колебаний; е – 6-я форма собственных колебаний;
- ж – 7-я форма собственных колебаний; з – 8-я форма собственных колебаний;
- и – 9-я форма собственных колебаний; к – 10-я форма собственных колебаний



Так как резонансные пики в проведенных замерах приходятся на частоты 12,5 Гц и 50 Гц, то для определения максимальной допустимой длины «прогона» между креплениями участка трубы необходимо вывести частоты каждого участка за 50 Гц в сторону увеличения. Примем в качестве критической частоты величину равную 55 Гц с учетом инженерного запаса в 10 % (5 Гц) от большего значения пиковой частоты вынужденных колебаний.

Используем методы интерполяции и экстраполяции для нахождения первого и последующих приближений максимальных допустимых длин пролета между креплениями.

Процесс нахождения максимальных допустимых длин пролета между креплениями может представлять собой цикл из нескольких итераций. При решении поставленной задачи достаточно было четырех итераций. Результаты первого и последнего расчетного кругов представлены в таблицах 2 и 3 соответственно.

Таблица 2

## Результаты первого расчетного круга

Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм	Максимальная допустимая длина пролета между креплениями, м	Частота собственных колебаний для формы собственных колебаний, Гц									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	1,6	5,2	48,4	48,4	97,0	97,0	145,9	145,9	195,3	195,3	245,4	245,4
20	2,0	4,7	46,4	53,8	93,4	108,0	141,2	163,0	190,7	219,2	241,9	277,1
25	2,0	2,6	45,9	46,1	103,4	103,8	179,2	179,7	275,9	276,5	394,4	395,1
32	2,8	2,9	56,4	63,6	122,1	135,4	203,5	221,1	303,9	324,6	424,9	447,8
40	3,0	2,6	43,3	43,3	119,7	119,7	234,6	234,6	386,4	386,4	575,0	575,1
48	3,0	2,9	53,8	69,8	135,5	161,0	253,5	283,9	408,5	441,6	600,4	635,1
60	3,8	4,3	44,4	49,2	99,4	107,8	171,1	181,9	262,0	274,3	372,9	386,3
70	4,0	3,6	45,6	45,7	121,5	121,6	233,9	234,0	382,4	382,5	566,2	566,3
102	5,0	4,7	40,9	41,7	108,4	109,6	208,3	209,6	340,1	341,5	502,9	504,3
114	5,0	4,9	55,4	59,6	133,2	139,8	241,7	249,7	382,6	391,4	555,5	564,7
140	5,0	5,5	47,1	48,7	121,3	123,6	229,4	232,1	371,2	374,0	545,6	548,5
168	5,0	5,7	50,5	51,3	134,5	135,6	258,6	259,8	421,2	422,3	620,4	621,5
180	5,0	5,8	51,9	52,4	139,5	140,2	269,1	269,9	438,8	439,7	646,5	647,4
219	6,0	6,0	57,4	57,6	155,9	156,2	301,7	302,0	491,5	491,9	555,4	722,4

Из результатов первого расчетного круга видно, что только длины трех участков, имеющих наружные диаметры 32, 114, 219 мм, выполняют условие критичности по частоте собственных колебаний. Их частоты для первой формы собственных колебаний превышают значение в 55 Гц и соответственно равны 56,4; 55,4; 57,4 Гц.

Результаты четвертого расчетного круга

Диаметр наружный, мм	Толщина стенки, мм	Максимальная допустимая длина пролета между креплениями, м	Частота собственных колебаний для формы собственных колебаний, Гц									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15	1,6	4,6	56,3	56,3	112,9	112,9	169,9	169,9	227,6	227,6	286,3	286,3
20	2,0	4,1	55,2	64,2	111,2	129,0	168,6	195,0	228,1	262,9	290,4	333,0
25	2,0	2,2	58,6	58,9	135,3	135,7	238,9	239,4	372,3	373,0	536,6	537,4
32	2,8	2,9	56,4	63,6	122,1	135,4	203,5	221,1	303,9	324,6	424,9	447,8
40	3,0	2,3	55,4	55,4	152,9	153,0	299,4	299,5	492,9	492,9	732,9	732,9
48	3,0	2,8	57,2	73,7	144,4	170,5	270,4	301,4	437,3	470,8	642,4	677,6
60	3,8	3,7	55,9	61,7	127,3	137,2	222,1	234,7	343,3	357,6	491,7	507,0
70	4,0	3,2	57,0	57,1	152,6	152,6	294,3	294,4	481,2	481,3	712,2	712,3
102	5,0	4,0	55,5	56,4	148,1	149,4	285,1	286,5	465,3	466,7	687,0	688,5
114	5,0	4,9	55,4	59,6	133,2	139,8	241,7	249,7	382,6	391,4	555,5	564,7
140	5,0	5,0	56,0	57,8	145,2	147,7	275,3	278,2	445,7	448,7	654,8	657,8
168	5,0	5,4	56,0	56,8	149,4	150,5	287,1	288,3	467,3	468,5	688,2	689,3
180	5,0	5,6	55,5	56,1	149,3	150,1	288,0	288,9	469,4	470,3	691,2	692,1
219	6,0	6,0	57,4	57,6	155,9	156,2	301,7	302,0	491,5	491,9	555,4	722,4

Из результатов четвертого расчетного круга видно, что длины всех участков выполняют условие критичности по частоте собственных колебаний. Их частоты для первой формы собственных колебаний превышают значение в 55 Гц.

Подведем итоги.

1. Для каждого диаметра существует некоторое критическое значение длины участка трубопроводной системы между креплениями, позволяющее исключить попадание частот собственных колебаний участка на пики частот вынужденных колебаний насосных установок.

2. Для участков трубопроводной системы диаметрами 15, 20, 25, 32, 40, 48, 60, 70, 102, 114, 140, 168, 180, 219 мм и толщинами стенки трубы 1,6; 2,0; 2,0; 2,8; 3,0; 3,0; 3,8; 4,0; 5,0; 5,0; 5,0; 5,0; 6,0 мм соответственно максимальная допустимая длина пролета между креплениями составляет 4,6; 4,1; 2,2; 2,9; 2,3; 2,8; 3,7; 3,2; 4,0; 4,9; 5,0; 5,4; 5,6; 6,0 м соответственно. Это означает, что при указанной и меньшей длине «прогона» трубопроводной системы исключается возможность возникновения резонансных режимов от работы насосного оборудования.

3. Однако для более детального исследования вопроса о резонансных режимах необходимо провести гармонический анализ, который является следующей ступенью вибрационного исследования. Он позволяет наложить нагрузку от работы насосного



оборудования (вынужденные колебания) на собственные колебания конструкции и вычислить резонансные пики.

Таким образом, может быть доказана полезность использования предварительного модального анализа в качестве первого этапа численного вибрационного исследования при проектировании и моделировании вибраций в элементах трубопроводных систем.

### Библиографический список

1. Электронный ресурс: (<http://77.rospotrebnadzor.ru/index.php/napravlenie/zpp/1067-fiz/>) «Обзор обращений граждан с жалобами на воздействие физических факторов поступивших в территориальный отдел Управления Роспотребнадзора по городу Москве в Южном административном округе»//Управление Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека по городу Москве. Дата обращения: 27.09.2016 г.
2. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий» /утв. и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 40. 20 с.
3. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» /утв. и введены в действие Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31 октября 1996 г. № 36. 8 с..
4. СанПиН 2.1.2.2645-10 "Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях" (с изменениями на 27 декабря 2010 года) / утв. 10.06.2010 г. Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации. 17 с.
5. Дуров В.С., Рахмилевич З.З., Черняк Я.С. Эксплуатация и ремонт компрессоров и насосов. / Справочное пособие. М.: Химия, 1980. 272 с.
6. Мягков Ю.В., Шипелов Ю.С. Определение собственных частот и форм колебаний двигателя внутреннего сгорания. // Известия Тульского государственного университета. Выпуск №3. Изд-во: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тульский государственный университет», 2014. с. 217-220.
7. Шаблинский Г.Э., Зубков Д.А. Натурные и модельные исследования динамических явлений в строительных конструкциях энергетических и гражданских объектов. / М: МГСУ, 2012. 484 с.
8. Андреева П.И., Ковальчук О. А. Сравнительный анализ результатов экспериментальных натурных динамических исследований и расчета динамических характеристик высотного жилого здания.// Int. Journ. for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 8, Issue 4. М.: Издательство ACB, 2012. pp. 13 - 18.
9. Андреева П.И., Андреев М.И., Мкртычев О.В., Ковальчук О.А., Шаблинский Г.Э. Влияние геометрического дефекта купольной части защитной оболочки атомного реактора ВВЭР-1000 на динамические характеристики с учетом статистического анализа.// Int. Journ. for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 11, Issue 4. М.: Издательство ACB, 2015. pp. 29 - 35.
10. Чернов Ю.Т. Вибрации строительных конструкций. (Аналитические методы расчета. Основы проектирования и нормирования вибраций строительных конструкций, подвергающихся эксплуатационным динамическим воздействиям): Научное издание. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство ACB, 2011. 384 с.
11. Болотин В.В. (ред.) Вибрации в технике: Справочник. Т. 5. Измерения и испытания / Под ред. М.Д. Генкина. Ред. совет: В.Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. 496 с.: ил.
12. Пастухова Л.Г., Секачева А.А. Численный анализ динамических характеристик элемента трубопроводной системы многоэтажного жилого дома.// Int. Journ. for Computational Civil and Structural Engineering, Volume 12, Issue 4. М.: Издательство ACB, 2016. pp. 137 - 146.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА  
ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ В ЖИЛЫХ И  
ОБЩЕСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ ДЛЯ  
РАЗРАБОТКИ СТАНДАРТОВ ПО  
ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЮ ВО ВЬЕТНАМЕ**

*Чан Нгок Тьян*

Национальный строительный университет, г. Ханой, Вьетнам,  
tnchan1937@yahoo.com

*То Тхи Лой*

Вьетнамская Ассоциация Строительной Экологии, Вьетнам,  
toloixd2006@yahoo.com

**Аннотация.** Потребление электроэнергии в гражданских строительных сооружениях занимает большую долю в энергетическом балансе каждого государства, Обычно оно составляет примерно 35–40 %. Для контроля расхода электроэнергии в зданиях по требованиям «Закона целесообразного и экономического использования энергии» № 50/2010/QН12, опубликованного Национальной Ассамблеей Социалистической Республики Вьетнама в 17 июня 2010 г, необходимо определить и вводить в Норматив предел суммарного расхода электроэнергии на обеспечение теплового комфорта, вентиляцию, кондиционирование воздуха (КВ), освещение, горячее водоснабжение и т. д. для различных зданий, как давно сделано в зарубежных странах. В докладе рассматриваются различные методы определения доли энергорасхода в жилых и общественных зданиях и излагаются первоначальные результаты исследования.

**Ключевые слова:** расход электроэнергии, использование энергии, стандарт.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**METHODS FOR DETERMINATION OF  
ENERGY CONSUMPTION IN RESIDENTIAL  
AND PUBLIC BUILDINGS FOR THE  
DEVELOPMENT OF STANDARDS FOR  
ENERGY CONSUMPTION IN VIETNAM**

*Chan Ngoc Tian*

National University of Civil Engineering, Hanoi, Vietnam,  
tnchan1937@yahoo.com

*To Tkhi Loi*

The Vietnam Association Of Construction Environment, Vietnam,  
toloixd2006@yahoo.com

**Abstract.** The consumption of electrical energy in the building sector accounts for a great proportion in the national energy balance, usually consisting of 30-40 %. In order to be able to control the expenditure on energy in various buildings, and to comply with the Law on “Economical and Efficient Use of Energy” No. 50/2010/QH12” promulgated by the National Assembly of the Socialist Republic of Vietnam on the 17<sup>th</sup> of June, 2010, it is necessary to determine and incorporate into the Code of Portion of Electric Energy Consumption, a portion sufficient to ensure the comfort conditions of life and all others needs of the building occupants such as air-conditioning, lighting, technological and office equipments, etc. in various buildings. These have been done widely in the world and the region for a long time. The report aims to present several methods to determine and preliminary results of the portion of electrical energy consumption in the offices and residential buildings.

**Key words:** Building energy use; Economical and efficient use of energy.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## **Введение**

Во многих зарубежных странах существуют стандартные документы, обуславливающие расход электроэнергии в жилых и общественных зданиях. В 2013 г. году Министерство Строительства Вьетнама опубликовало норму QCVN 09:2013 «Эффективно-экономическое использование энергии в строительных сооружениях» - ниже кратко написана как «QC09». В этой норме излагаются только требования по эффективным коэффициентам различных электрических оборудования, установленных в здании как холодильные машины для холодоснабжения систем кондиционирования воздуха, местные кондиционеры, насосы, вентиляторы, осветительные приборы, нагревательные аппараты для горячего водоснабжения и т. п. В QC09 количественно ещё не рассматриваются вопросы электро-энергетического потребления в здании. Возникает необходимость разработки стандартов по энергетическим потребностям для вентиляции, кондиционирования воздуха, освещения и т. п. в цели жёсткого контроля использования электроэнергии в зданиях.

Необходимо определить следующие показатели:

- индекс расхода энергии для искусственного освещения (Lighting Energy Index) LEI, кВт.час/год;
- индекс электрической мощности для кондиционирования воздуха (Air conditioning Power Index) API, кВт;
- индекс расхода энергии для кондиционирования воздуха (Air conditioning Energy Index) AEI, кВт·час/год;
- индекс электрической мощности для всего здания (Building Power Index) BPI, кВт;
- индекс расхода энергии для всего здания (Building Energy Index) BEI, кВт·час/год.

## **Методы и результаты исследования**

Существуют различные методы определения расхода электро-энергии в зданиях. Ниже излагаются 3 наиболее распространённые из них.

### **1. Метод обследования и замеров на месте**

Для осуществления задачи по этому методу надо выбирать существующие наиболее характерные здания в исследованной территории, типы здания (учреждения, гостиницы, торговые центры, жилые дома и т.д.). Данные обследования состоят: масштаб объекта (число этажей, суммарная площадь полов); мощность и эффективный коэффициент установленного оборудования по вентиляции, кондиционированию воздуха, освещению, механическим лестницам, офисные оборудования, длительность работы в месяце, в году и их коэффициенты одновременной работы. И самый важный документ надо регистрировать, это

плата за количество расхода электроэнергии на отдельные потребления (конд. воздуха, освещение, и т.п.) в месяц, в год обследованного объекта. С полученными данными можно применить теорию статистики для выявления средних значений всех параметров по каждому типу зданий и определить их выше описанные энергетические индексы: LEI, API, AEI, BPI и BEI.

По данным, выполненным Вьетнамской Ассоциацией Строительной Экологии – VACEE в последнее время, результаты обследования в крупных городах Вьетнама показываются ниже табл. 1 [1].

Таблица 1

**Показатели расхода электроэнергии в зданиях различных назначений**

Тип здания	Индекс BEI кВт*час/(м <sup>2</sup> *год)	Доля, %		
		Конд. воздуха	Освещение	Другие
Учреждение (Office)	90	46	22	32
Учреждение Sacombank	77,31	-	-	-
Отель	145	55	20	25
Школа	23	37	27	36
Жилой дом	30	39	23	38

## 2. Метод обследования и замеров на месте, комбинированный с моделированием

В случае недостатка данных обследования, например, имеется только документ платы за количество расхода электроэнергии на общее потребление для всего здания, надо применять способ энергетического моделирования здания для определения расхода электроэнергии на кондиционирование воздуха, на освещение, и т.д. При программировании расхода электроэнергии на кондиционирование воздуха (KB), необходимо знать подробные данные по архитектуре, строительные конструкции здания, ориентацию здания, материалы для стен и покрытия, отношение площади окон на общую площадь наружных стен, оконное остекление, конструкции наружных солнечных затенений и т.д. Эти данные вместе с климатическими параметрами местности служат расчёту теплоступления  $q_i$  через 1 м<sup>2</sup> площади наружной оболочки здания из перепада температур и солнечной радиации по следующей формуле:

$$q_i = (1-WWR_i) \times U_{o,i} \times \alpha \times (TD_{eq,i} - \Delta T) + (1-WWR_i) \times U_{o,i} \times \Delta T + \\ + WWR_i \times K_{cs,i} \times I_{o,i} \times \beta + WWR_i \times U_{o,K i} \times \Delta T, \text{ Вт/м}^2 \quad (1)$$

$$TD_{eq,i} = I_{o,i} / h_N + \Delta T = I_{o,i} / h_N + t_N - t_T, \text{ К} \quad (2)$$

Суммарное количество теплоступления  $Q_{KCBC}$  через общую площадь наружных стен здания составляет:

$$Q_{\text{КСВС}} = \sum_1^n (q_i \times A_i), \text{ Вт.} \quad (3)$$

В выше напечатанных формулах (все величины в этих формулах принадлежат  $i$ -той стене):

$WWR$  – отношение площади окон на общую площадь наружных стен, без размера;

$U_o$  – коэффициент общей теплопередачи непрозрачной стены или покрытия, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$U_{o,K}$  – коэффициент общей теплопередачи стекла окон, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\alpha$  – коэффициент поглощения солнечной радиации наружной поверхности стены или покрытия, без размера;

$\Delta T = t_N - t_T$  – перепад температур между наружного ( $t_N$ ) и внутреннего ( $t_T$ ) воздуха, К;

$TD_{\text{eq}}$  – эквивалентный перепад температур, учитывающий интенсивность солнечной радиации, К;

$I_o$  – суммарная интенсивность солнечной радиации на расчётной поверхности, Вт/м<sup>2</sup>;

$K_{cs}$  – коэффициент поступления солнечной радиации через остекление; в западных странах этот коэффициент называется «Solar Heat Gain Coefficient – SHGC», без размера;

$\beta$  – коэффициент снижения поступления солнечной радиации через окна за счёт наружной солнечно-затеняющей конструкции, без размера;

$h_N, h_T$  – коэффициенты теплообмена соответственно на наружной и внутренней поверхностях окружающей конструкции, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$A_i$  – площадь  $i$ -той стены, м<sup>2</sup>;

$n$  – количество наружных стен и покрытия здания.

Внутренние источники выделения тепла состоят из людей, освещения, оборудования учреждения (компьютеры, машины фотокопии и т.д.), лифтов, эскалаторов и т.д. Расчёт тепловыделений от этих источников широко излагается в учебниках и справочниках по вентиляции и КВ. Суммирование тепlopоступления через наружную оболочку и тепловыделения изнутри здания даёт теплоизбыток  $Q_{th}$ , который должен быть удалён системой КВ для поддержания условий микроклимата в здании.

Холодпроизводительность  $Q_L$  системы КВ определяется по формуле:

$$Q_L = Q_{th} + L_o * N (E_N - E_T), \text{ Вт;} \quad (4)$$

расход электроэнергии для КВ  $N_{DHKK}$  равен:

$$N_{DHKK} = k \tau Q_L / (COP * 1000), \text{ кВт.час} \quad (5)$$

где  $L_o$  – количество наружного воздуха для гигиенического требования, кг/(чел\*сек.);  $N$  – количество людей в здании;  $E_N, E_T$  – энтальпии соответственно наружного и внутреннего

воздуха, Дж/кг;  $\tau$  – время работы системы КВ, час; COP – коэффициент полезности холодильных машин, без размера;  $k$  – коэффициент, учитывающий расход электроэнергии насосов, вентиляторов в системе КВ.

Все параметры наружного воздуха и интенсивность солнечной радиации в каждый момент расчёта по выше приведённым формулам являются данными метеорологической станции в районе обследования в непрерывном течении многих лет, обработанными в один условный год [4, 5].

Была создана программа энергомоделирования здания и была применена для учреждения номер 10, НОА LU в Ханое (рис. 1).



Рис. 1. Учреждение номер 10 улицы НОА LU в Ханое

Результаты расчёта расхода электроэнергии для разных потребителей в этом здании будут следующие [2–5]:

- а) для кондиционирования воздуха: 404.977,2 кВт\*час/год, занимает 56,1 %;
- б) для освещения: 103.532,7 кВт\*час/год, занимает 14,3 %;
- в) для электрического оборудования: 213.142,9 кВт\*час/год, занимает 29,5 %;
- г) Суммарный расход энергии в здании: 721.652,8 кВт\*час/год и индекс расхода энергии для всего здания (Building Energy Index)  $BEI = 70,9 \text{ кВт*час}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Если рассчитать BEI по денежной плате за количество использованной электроэнергии в год, то получается  $BEI = 66,3 \text{ кВт*час}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ . Это показывает, что расчёт по данной программе даёт результат с удовлетворительной ошибкой порядка 7 %.

При отдельном рассмотрении, расход электроэнергии для системы КВ в сезон её работы в год с апреля по октябрь показан в табл. 2 и на рис. 2.

Если здание подобное зданию номера 10, НОА LU но находится в южном городе САН ТНО (на 2000 км южнее Ханоя) то Индекс расхода энергии для всего здания (Building Energy Index) будет  $BEI = 96,5 \text{ кВт*час}/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  и для системы КВ результаты расчёта будут следующими (см. табл.3 и рис. 3).



Таблица 2

Результаты расчёта теплового избытка и расхода электроэнергии для КВ в здании номер 10, улицы НОА LU в Ханое

Наименование величин	Месяцы работы системы КВ в год							Целый год
	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	
Теплоизбытки, кВт.час	103482,4	125085,3	135845,2	132975,2	129287,6	127786,1	117943,0	872404,9
Холодопроизводительность, кВт*час	93476,0	122582,2	136244,6	135150,5	130670,7	123705,4	104941,1	846770,6
Расход элект. энергии, кВт*час	44705,9	58626,3	65160,5	64637,2	62494,7	59163,5	50189,2	404977,2

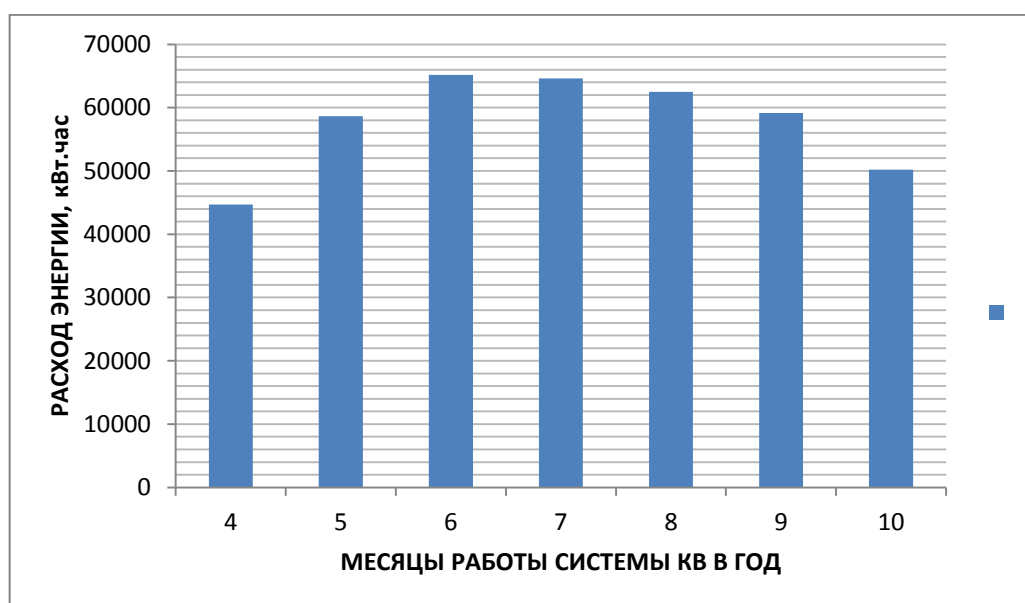


Рис. 2. График расхода электроэнергии для КВ в здании номер 10, Улицы НОА LU в Ханое  
(по данным из табл. 2)

Таблица 3

Результат расчёта теплового избытка и расхода электроэнергии для КВ в здании, подобном зданию номера 10, НОА LU но построенном в городе CAN THO при работе КВ круглый год

Наименование величин	Месяцы						
	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль
Теплоизбытки, кВт*час	123769,2	126908,5	134398,5	136212,9	124821,6	119762,2	96445,2
Холодил, Производительность кВт*час	113429,8	118000,9	127855,7	134443,0	125529,2	120488,8	98987,6
Расход электроэнергии, кВт*час	54249,0	56435,2	61148,4	64298,8	60035,7	57625,1	47341,9



Наименование величин	Месяцы					Целый год
	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	
Теплоизбытки, кВт*час	113186,0	112239,9	110379,1	116147,8	115752,4	1430023,2
Холодил, Производительность, кВт*час	113073,2	111999,9	110053,0	111823,7	106701,9	1392386,7
Расход электроэнергии, кВт*час	54078,5	53565,2	52634,1	53480,9	51031,4	665924,1

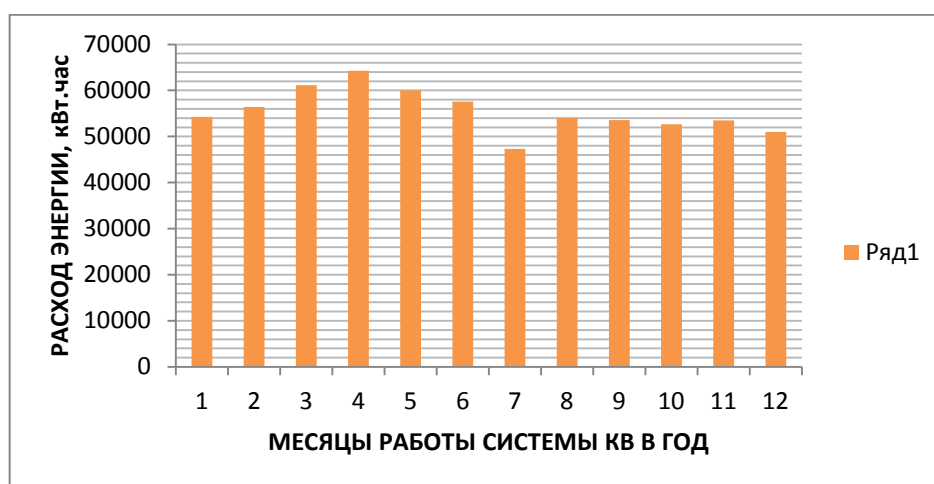


Рис. 3. График расхода электроэнергии для КВ в здании номера 10, НОА LU но построенном в городе CAN THO при работе КВ круглый год (по данным из табл. 3)

### 3. Метод полного моделирования

Для зданий, находящихся в стадии проектирования или ещё не введенных в эксплуатации, определение энергетических показателей как AEI, BEI может быть осуществлённым только способом моделирования. Все входные данные для расчёта получаются с документов проекта. Этот метод был применён в проекте комплекса торгового центра-учреждение-жилой дом Фирмы HANDICO 7 в Ханое. Сооружение состоит из двух 14-ых этажей башни, одна – учреждение и другая – жилой дом, под ними является торговым центром из 5-и этажей. Суммарная площадь полов составляет 15.716 м<sup>2</sup> – см. рис. 4. Результаты расчёта будут видны ниже – см. табл. 4.



Рис.4. Комплекс зданий HANDICO 7 в Ханое

Таблица 4

## Результаты расчёта энергетических индексов комплекса HANDICO7 в Ханое

Очередь	Энергетические индексы	Торговый центр	Учреждение	Жилой дом	Примечание
1	Индекс расхода энергии для освещения (Lighting Energy Index) LEI, кВт*час/год	373793,6	310464,0	122012,4	По расчёту
2	Индекс электрической мощности для кондиционирования воздуха (Air conditioning Power Index) API, кВт	336,9	404,0	218,4	По расчёту
3	Индекс расхода энергии для кондиционирования воздуха (Air conditioning Energy Index) AEI, кВт*час/(м <sup>2</sup> .год)	36,9	45,2	15,3	По расчёту
4	Индекс электрической мощности для всего здания (Building Power Index) BPI, кВт	1050,6	832,0	557,2	По расчёту
5	Индекс расхода энергии для всего здания (Building Energy Index) BEI, кВт*час/(м <sup>2</sup> .год)	80,5	82,7	39,5	По расчёту

## Предложенные энергетические показатели зданий для Вьетнама

Базируясь на полученных результатах обследования и моделирования для определения энергетических показателей зданий различных назначений, можно предварительно предложить некоторые энергетические индексы зданий в практических условиях Вьетнама (табл. 5).

Энергетические индексы для 2 типов зданий во Вьетнаме в настоящее время

№	Тип здания и местность строения	Некоторые основные энергетические показатели							
		LEI кВт.час/(м <sup>2</sup> ·год) и процент		AEI кВт.час/(м <sup>2</sup> ·год) и процент		Другие кВт.час/(м <sup>2</sup> ·год) и процент		BEI кВт.час/(м <sup>2</sup> ·год) и процент	
1	Учреждение в Ханое	20	22%	45	50%	25	28%	90	100%
2	Учреждение в южных провинциях (город Хошимина, Кантхо)	20	20%	65	65%	15	15%	100	100%
3	Жилые дома	7,5	19%	15,5	39%	17	42%	40	100%

Для сравнения, некоторые данные по вышеизложенным вопросам зарубежных стран приведены ниже (табл. 6).

Таблица 6

Индекс расхода энергии для всего здания (Building Energy Index) BEI, кВт.час/(м<sup>2</sup>·год), некоторых зарубежных стран [6,7].

Страны	Здания различного назначения						
	Жилой дом	Магазин	Школа	Учреждение	Отель	Магазин самообслуживания	Больница
Америка	147	233	262	293	316	631	786
Малайзия	Нежилые здания: 135 кВт*час/(м <sup>2</sup> *год) в 1989 году и 269 кВт*час/(м <sup>2</sup> *год) в 2008 году						
Сингапур	Нежилые здания: 230 кВт*час/(м <sup>2</sup> *год)						

Отметим, что соотношение расхода энергии для отопления и КВ к общему составляет 48–52 %; а для освещения – 22–35 %. Видно, что расхождение энергетических показателей зданий между Вьетнамом и зарубежными развитыми странами достаточно большое. Это объясняется тем, что во Вьетнаме не требуется отопление, как в Америке, и системы КВ не такие мощные, как в Малайзии и Сингапуре т. к. последние находятся ближе к экватору, чем Вьетнам. Кроме того, это расхождение ещё зависит от национального дохода каждого государства.

### Выводы

1. Были выполнены обследования на практике совместно с расчётом для определения энергетических показателей здания различных назначений: учреждения, отели, торговые центры, жилые дома и предложены энергетические индексы AEI, BEI для Вьетнама в нынешних условиях;

2. При выполнении задачи была разработана программа энергетического моделирования здания для определения расхода электроэнергии на кондиционирование воздуха, освещение и другие потребления;

3. Необходимо продолжать подобные работы для других категорий зданий и в других городах для разработки стандартов по индексам расходов электроэнергии со целью выдачи энергетической марки зданий.

### **Библиографический список**

1. Документы обследования расходов электроэнергии в зданиях различных назначений в некоторых городах Вьетнама, выполненные Вьетнамской Ассоциацией Строительной Экологии – VACEE в течении 2010- 2015 (на вьетнамском языке).
2. Норма QCVN 09:2013/BXD «Эффективное использование энергии в строительных сооружениях». Изд. Строительства, Ханой, 2013 (на вьетнамском языке).
3. Чан Нгок Тьян, Фам Ван Лыонг, Эффективное и экономическое использование энергии в строительных сооружениях. Журнал тепловой энергии. Номера 125- Ханой, 9/2015 (на вьетнамском языке).
4. Чан Нгок Тьян. Кондиционирование воздуха. Изд. Строительства, Ханой, 2002 (на вьетнамском языке).
5. Чан Нгок Тьян и др. Обработка метеорологических данных для дополнения Нормы климатических данных, используемых в строительстве. Тема научно-исследовательских работ. Ханой, 2004 (на вьетнамском языке).
6. Luis Perez-Lombard, Jose Ortiz, Christine Pout. A review on buildings energy consumption information. ENERGY and BUILDINGS - 2007
7. M.B.A.Aziz, Z.M.Zain, S.R.M.S.Baki, R.A.Hadi Air-Conditioning Energy Consumption of an Education Building and it's Building Energy Index: A Case Study in Engineering Complex, UiTM Shah Alam, Selangor. 2012 IEEE Control and System Graduate Research Colloquium (ICSGRC 2012).

**ОБРАЗОВАНИЕ В АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНОЙ СФЕРЕ**

**EDUCATION IN ARCHITECTURE  
AND CIVIL ENGINEERING**

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **БОЛОНСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗНУТРИ**

*Бурухина О. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, [olgaburuhina@mail.ru](mailto:olgaburuhina@mail.ru)

*Ткачук К. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, [reaktornano@mail.ru](mailto:reaktornano@mail.ru)

**Аннотация.** В данной обзорной статье поднимается проблема интеграции российской системы образования в Болонский процесс с необычного ракурса. Авторы статьи провели семестр в Брненском техническом университете (Чешская республика, г. Брно) в рамках программы академической мобильности, реализуемой в Уральском федеральном университете. В статье сравниваются подходы к образованию в России, какими они являются в данный момент, и в Европе, которые мы стремимся реализовать. Также в статье рассматриваются условия формирования единой образовательной среды в Европе, возможности и условия перехода российского образования на международные стандарты, и дается их оценка с позиции студентов как непосредственных участников образовательных процессов.

**Ключевые слова:** образование, Болонская декларация; Болонский процесс; академическая мобильность; обменные программы, система кредитов.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **THE BOLOGNA PROCESS FROM THE INSIDE**

*Burukhina O.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, [olgaburuhina@mail.ru](mailto:olgaburuhina@mail.ru)

*Tkachuk K.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, [reaktornano@mail.ru](mailto:reaktornano@mail.ru)

**Abstract.** This review article raises the problem of integrating the Russian education system into the Bologna process from an unusual perspective. The authors of the article spent a semester studying at Brno University of Technology (Czech Republic, Brno) on the academic mobility program implemented at the Ural Federal University. The article compares approaches to education in Russia, what they are at the moment, and in Europe, which we strive to realize. Also we consider the conditions for the formation of united educational environment in Europe, the opportunities and conditions for the transition of Russian education system to the international standards, and overall evaluation from the perspective of students as direct participants of educational process.

**Key words:** education, the Bologna Declaration; the Bologna Process; academic mobility; Exchange programs, ECTS.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Сближение стран Европы между собой получило свое развитие после Второй мировой войны. Главными причинами этого интеграционного процесса стала необходимость создания единого экономического пространства с единым рынком сбыта и свободой перемещения граждан. В дальнейшем интеграция коснулась культуры в целом и образования в частности.

В качестве развития процесса интеграции в образовании после ряда подготовительных встреч еще в 1999 году была подписана Болонская декларация, утверждающая начала Болонского процесса. Он предусматривает создание единого общеевропейского образовательного пространства. Российская Федерация присоединилась к этому процессу в 2003 году. В рамках этого соглашения в нашей стране, как и в других странах, его подписавших, должны быть проведены реформы высшего образования, символизирующие переход национальных систем на двухуровневые программы и квалификации высшего образования (бакалавр-магистр). Стоит отметить, что переход провозглашает стремление к сопоставимости и конкурентоспособности систем образования, к тому, чтобы сделать его более ориентированным потребностям времени и рынку труда. Российские высшие учебные заведения перешли на обучение по двухуровневой программе с 1 сентября 2011г.

Одной из целей создания зоны европейского высшего образования является «содействие необходимым европейским воззрениям в высшем образовании, особенно относительно развития учебных планов, межинституционального сотрудничества, схем мобильности, совместных программ обучения, практической подготовки и проведения научных исследований» [1]. Система академической мобильности способствует повышению уровня подготовки студентов, их конкурентоспособности, возможность интеграции в образовательное и культурное международное пространство. В нашем университете развитие академической мобильности стимулируется наличием входящей и исходящей грантовой программы для студентов. Она позволила более чем 300 студентов Уральского федерального университета провести один или два семестра в другой стране в качестве студента или стажера зарубежного университета, не прерывая обучения в родном университете. Мы стали одними из этих счастливых и провели осенний семестр 2015–2016 и весенний семестр 2016–2017 учебных годов в Брненском техническом университете, г. Брно, Чехия. За это время нам удалось посмотреть на болонскую систему изнутри, пообщаться со студентами из других вузов и сравнить, насколько теперь являются соотносимыми квалификации и образовательные степени, получаемые в России и Европе.

Европейская система образования в большинстве своем до появления Болонского процесса была достаточно разрозненной, сегментированной, что сильно мешало развитию



общеевропейской экономической интеграции, создавало затруднения в результате непризнания дипломов или эквивалентов свидетельств о профессиональной квалификации. Советская система высшего образования, наоборот, являлась централизованной, управляемой единым государственным органом с единым видом учебных заведений, единой и наследуемой учебной программой. Собственно такая же система сохранилась до введения Болонского процесса. Можно заключить, что Болонский процесс для стран Европы – это именно приведение системы образования к одному виду, в то время как для России это возможность сделать образование общепризнанным не только в нашей стране, но и за рубежом.

В своих целях европейское пространство продвинулось дальше. Программа обучения по одной и той же специальности может совпадать или быть максимально близкой в пределах одной страны. Россия с трудом вовлечена в этот процесс. Слишком уж большая разница, как в самом составе предметов, контрольных мероприятиях, так и в подходах к освоению дисциплины. Это ставит препятствия в получении глобального образования. Но на данный момент сложно себе представить интеграцию российских и европейских образовательных программ так, как это уже сделано внутри Европы. В этом случае наша система образования потеряет достаточно существенную черту, оставшуюся еще с советских времен. В программу высшего профессионального образования входили различные циклы помимо основного. Так студент строительного института осваивает гуманитарный, социальный, экономический, математический, естественнонаучный и профессиональный цикл. В то время как в Европе очень мало дисциплин помимо профессионального цикла. С переходом на болонскую систему образования сократился срок обучения и программа. Поэтому перед профессорско-преподавательским составом встал нелегкий вопрос сокращения учебной нагрузки, выработанный годами. Таким образом, кругозор и эрудиция наших студентов может снизиться по сравнению с предшествующими поколениями специалистов.

Консервативность российского образования подчеркивает тот факт, что мы, студенты, до сих пор используем систему оценок итоговой академической успеваемости, хотя с присоединением России к Болонскому был принят ряд мер, направленных на приведение системы зачетных единиц к кредитной системе ECTS (European Credit Transfer and Accumulation System). Именно эта система позволяет европейским студентам учиться по программам академической мобильности. Кредиты в Болонском процессе – это универсальная единица измерения трудоемкости. Хочется отметить, что она дает студенту гибкость в составлении своей индивидуальной учебной траектории. Так, помимо обязательной нагрузки, закрепленной в программе обучения соответствующей

специальности, студенты могут посещать дополнительные занятия по любым предметам с их зачетом, что может повысить шансы набрать достаточное число кредитов в конце семестра. Поскольку в Европе зачастую студент сам составляет свое расписание, общепринятым считается взять несколько дополнительных дисциплин, например, углубленное изучение математики или еще один иностранный язык. В России эта практика пока встречается очень редко. Во-первых, достаточно мало количество дисциплин или спецкурсов, преподаваемых вне сетки расписания, а во-вторых, отдельную сложность представляет зачет этих дисциплин и внесение их в документы, в т. ч. и диплом.

В Европе глобализация образования стимулируется тем, что множество дисциплин преподаются на двух языках: государственном и английском. Это является хорошей базой для системы академической мобильности Erasmus+. Главным условием этой программы является перезачет учебной нагрузки как раз с помощью универсальной кредитной системы. Конечно, в данном случае дисциплины, преподаваемые на английском языке, рассчитаны на студентов по программе обмена. Но этим часто пользуются локальные студенты. Поскольку студенты в большинстве своем составляют расписание самостоятельно, они могут выбрать класс на любом языке, если это им удобно. В свою очередь степень магистра предполагает владение профессиональным английским языком, поэтому некоторые дисциплины этой квалификации преподаются только на английском для всех студентов. Так в каждом классе, в которых мы учились в разное время до половины от общего числа студентов, а иногда и больше составляли чехи. Несомненно, знание иностранного языка, приобретаемое таким образом вместе с неформальным общением в т. ч. и с носителями языка увеличивает шансы студента в дальнейшем работать в международной компании или в другой стране.

Мы думаем, что процесс погружения в международную среду начинается одинаково. Все мы, русские студенты за рубежом, в первую очередь знакомимся с новой системой оценок и кредитной системой. В БТУ, как и во многих других университетах Европы, используется 6-ти балльная система оценки. Согласно этой системе, оценка E – наименьшая удовлетворительная оценка, а оценка F – единственная неудовлетворительная. Каждый университет устанавливает свой минимальный порог кредитов для «входящих» студентов, а уже сами студенты выбирают предметы, которые они бы хотели изучить. При освоении студентом дисциплины на оценку E и выше студент получает заявленное количество кредитов, в обратном случае – нет.

Проходя обучение по обмену в осеннем семестре 2015–2016 учебного года, я выбрала 5 предметов: Building Construction II, Building science I, Thermal Protection of Buildings, Prestressed Concrete, Low Energy Houses. Все дисциплины, кроме последней, имеют аналоги в

учебной программе моей специальности. И на этом мне бы хотелось остановиться подробнее.

Курс Building Construction II. В данном семестре акцентировали внимание на фундаментах и лестницах. Темой курсового проекта был двухэтажный частный дом. Мы действительно уделили много внимания проектированию фундаментов и лестниц, хотя проект в целом был так же детально проработан. В рамках курса Building Construction IV (четвертый семестр из четырех возможных) проводился контроль знаний по всему объему программы, итогом которого был проект дома, спроектированных с нуля полностью по своему усмотрению. Контрольными мероприятиями по этой дисциплине были курсовой проект и экзамен в обоих случаях. Проект был приближен к реальным условиям проектирования. Мы самостоятельно выбирали участок для строительства, изучали геологические условия участка (в Европе есть общедоступные карты геологических условий некоторых районов), выбирали архитектурное решение из каталога и прорабатывали конструктивное решение. При этом никаких методических указаний мы не использовали. Это просто не принято за рубежом. Вся информация, необходимая для проектирования находится либо в Еврокодах, либо в каталогах, и студенты сами должны с ними работать. Это было достаточно непривычно, мне было сложнее работать с открытыми источниками, однако это очень полезный опыт.

Курс Building science I (первый семестр из двух) в дальнейшем был переименован в Introduction to Building Design. Он был направлен на ознакомление студентов с общими архитектурными и строительными тенденциями и общими требованиями к индивидуальному жилому пространству в целом, а также в чешской республике в частности. В качестве основы для изучения, был выбран курсовой проект, дом мечты. Мы рассматривали тонкости организации внутреннего пространства здания опять же на примере частного дома, а также грамотное планирование городов в целом, вопросы цветовосприятия и адаптации людей с ограниченными возможностями, а также некоторые другие темы. Контрольными мероприятиями так же являлись курсовой проект и экзамен. Вообще стоит отметить, что такое сочетание и используется для проверки знаний и навыков студентов практически во всех дисциплинах за редким исключением. В качестве курсового проекта нам необходимо было создать архитектурное решение частного дома. Каждый из студентов создавал свой дом и наполнял его в зависимости от персональных предпочтений. Этот опыт так же был для нас новым, поскольку в строительном институте в УрФУ мы проектировали дома с учетом конструктивных особенностей, мы рассматривали такие аспекты, как состав стен, перекрытий и пр., рассчитывали толщину утеплителя и проверяли освещенность. В университете БТУ вместо этого мы делали упор на дизайн: зонировали помещения в доме

для комфортного пребывания хозяев в доме в течение дня, удобно и логично для перемещения и максимально энергоэффективно.

Курс Thermal Protection of Buildings практически повторяет курс строительной теплотехники. Контрольными мероприятиями были домашние работы и экзамен. Здесь преподаватель пошел мне навстречу, и я занималась компьютерным моделированием отдельно от всего класса, но сдавала экзамен вместе со всеми, поскольку за рубежом не ставят поставить зачет или экзамен «автоматом». Я впервые работала с CAD-программами по расчету тепловых полей. Area 2014 EN является одной из многих таких программ, но в то же время ее выделяют удобный интерфейс и простота использования. Предоставив отчет, по своей работе, я была допущена до экзамена с остальными студентами.

Members of concrete structures является первым и ознакомительным курсом изучения бетонных и железобетонных конструкций. Мы уделили много времени основам проектирования железобетонных конструкций, и в частности произвели расчет монолитной железобетонной конструкцией над первым этажом в многопролетном здании в качестве курсового проекта. Курсовой проект представляет собой не только пояснительную записку с расчетами, а также и графическую часть. При этом требования соответствовали действующему Еврокоду, и все требуемые параметры приходилось искать самостоятельно. Однако так же было и пространство для собственных решений, так как большое внимание уделялось созданию наиболее эффективного металлического каркаса.

Prestressed Concrete является одним из курсов изучения бетонных и железобетонных конструкций и предполагает наличия базовых знаний. В программе обучения по моей специальности этот курс не выделяется обособлено, а входит в общий курс железобетонных и каменных конструкций. Мы уделили много времени основам проектирования преднапряженных железобетонных конструкций, и произвели расчет двухпролетной балки в качестве курсового проекта. В России аналогичный курсовой проект представляет собой не только пояснительную записку с расчетами, а так же и графическую часть. В данном случае, российские студенты будут более подготовленными к реальным условиям проектирования.

Курс Technology of construction раскрывает технологию возведения двухэтажного частного жилья. В течение курса мы разбирали производство расчетов, разработку чертежей и составление технической документации по проведению таких работ, как земляные, фундаментные, кладочные, работы, возведение перекрытий и деревянных ферм, согласно еврокоду. Результатом является курсовой проект и экзамен. Нами было замечено, что при обучении много внимание уделяется малоэтажному строительству и частным домам.

Building services является очень похожим на предмет Теплогазоснабжение и вентиляция. В течение семестра мы подробно разбирали отопительные системы, бойлеры и

арматуру. Проектировали прокладку труб для этих систем, а также элементы системы безопасности. По завершению мы так же сдавали экзамен.

Подводя итог, можно точно сказать, что со времени присоединения России к болонскому процессу в 2003 году многое изменилось. Наши студенты получили возможность участвовать в программах международного обмена наравне со студентами европейских вузов, мы имеем возможность получить 2 диплома по определенным программам обучения, наши дипломы стали признаваться на международном уровне. О проблеме интеграции российской системы образования в Болонский процесс нельзя говорить однозначно. С одной стороны стремление создать единое пространство образования дает мощнейший толчок к экономическому сближению и свободному перемещению кадров. Но пока что на практике это выполняется с большим трудом. Чаще всего ребята, желающие получить образование европейского образца, отправляются учиться за границу, а студентам, которые получают образование в России и желают здесь остаться, намного важнее качество получаемых знаний, а не их признание в международной среде. Поэтому в гонке за стандартами многие российские студенты предпочитают стабильность, целостность и полноту образования. Без сомнения реформы должны способствовать тому, чтобы система образования отвечала современным потребностям науки, экономики и государства. Но они должны производиться постепенно, грамотно, а главное, иметь видимый результат. Стоит отметить, что до полной интеграции еще очень далеко и на данный момент не совсем ясно, нужно ли полноценное объединение систем обучения, ведь в таком случае российское образование потеряет ту уникальность и полноценность, которой оно обладает сейчас. По нашему мнению, стоит стремиться не просто к объединению систем, а к увеличению профессионализма выпускаемых специалистов и их соответствию требованиям времени.

**Библиографический список:**

1. Совместное заявление европейских министров образования, г. Болонья, 19 июня 1999 года, электронное издание. – С. 2. [www.gubkin.ru/links/umongo/bolon/declaration.doc](http://www.gubkin.ru/links/umongo/bolon/declaration.doc) (дата обращения 11.04.2017)
2. Европейская хартия об основных социальных правах трудящихся, г. Страсбург, 9 декабря 1989 г, электронное издание. <http://web1.law.edu.ru/norm/norm.asp?normID=1162680&subID=100052984,100052995> (дата обращения 11.04.2017)

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ФОРМИРОВАНИЕ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ  
У БАКАЛАВРОВ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ  
КУРСА «АРХИТЕКТУРНЫЕ  
КОНСТРУКЦИИ» ДЛЯ  
СПЕЦИАЛЬНОСТИ «ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
ЗДАНИЙ»**

*Гинзберг Л. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, [laginzb@gmail.com](mailto:laginzb@gmail.com)

**Аннотация.** Статья посвящена методике преподавания курса "Архитектурные конструкции" для бакалавров, обучающихся по направлениям "Проектирование зданий" и "Архитектура" в рамках контроля по БРС.

**Ключевые слова:** архитектурные конструкции, конструктивные решения, остов здания, теплозащитная оболочка, промежуточные контроли, задания на контроль.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**FORMATION OF PROFESSIONAL  
COMPETENCIES IN BACHELORS IN THE  
PROCESS OF MASTERING  
«ARCHITECTURAL CONSTRUCTIONS»  
COURSE FOR «BUILDING DESIGN»  
SPECIALTY**

*Ginzberg L. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, laginzb@gmail.com

**Abstract.** The article deals with the methods of teaching "Architectural Constructions" course for bachelors majoring in "Design of Buildings" and "Architecture" within the framework of Credit System control.

**Key words:** architectural structures, structural solutions, building skeleton, thermal protection shell, intermediate controls, control tasks.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В настоящее время высшая школа переживает период бесконечной корректировки стандартов обучения и реформирования образовательных программ. При этом количество аудиторных занятий с личностным контактом с преподавателем постоянно сокращается и увеличивается доля самостоятельной работы студента. В этих условиях преподавателям приходится гибко совершенствовать и преобразовывать свою методику подачи информационного материала и объёмов и направленности промежуточного контроля разного вида, чтобы восприятие учебного курса было полноценным и посильным для обучаемых и чтобы в итоге обучения выпускник оказался бы конкурентно способным на профессиональном рынке труда. К тому же, учебный процесс в высшей школе насильно уложен в прокрустово ложе балльно-рейтинговой системы (БРС), попытки протеста против внедрения которой ни к чему не привели. Поэтому приходится импровизировать в условиях её ограничений, пытаться увидеть в ней какие-то положительные аспекты и приспособить их к совершенствованию преподавательской деятельности. Одним из «работающих» элементов БРС являются текущий промежуточный контроль, конечно если не подходить к нему чисто формально, а, некоторым образом, творчески и тратить на него достаточно много времени, не учитываемого в должной мере.

Курс «Архитектурные конструкции» является одним из основополагающих по сути для инженеров-архитекторов и, при этом сложным по восприятию и весьма объёмным по содержанию, которое находится в постоянном пополнении. При этом согласно последней редакции программы для бакалавров по специальности «Проектирование зданий» на кафедре «Архитектура» Строительного института Уральского федерального университета его изучение предусматривается в 4-м и 5-м семестрах обучения, что, по сути, еще рановато для полноценного восприятия этого объёма материала студенческой массой. А постоянное грамотное применение результатов этого курса необходимо в создании полноценных архитектурно-конструктивных курсовых и дипломных проектов зданий различного назначения.

В 4-м семестре подробно рассматриваются вопросы возведения бескаркасных зданий из современных мелкогабаритных стеновых элементов с перекрытиями разных конструктивных решений из разных материалов; бескаркасных зданий из монолитного бетона в разного вида сменяемых и несменяемых опалубках, а также каркасных зданий с несущим остовом из сборного, сборно-монолитного и монолитного железобетона и металла. Подробно изучаются вопросы грамотной организации конструкций нулевого цикла и теплозащитной оболочки зданий без мостов холода. Всё это представляет собой огромный пласт сложного учебного материала, который необходимо внедрить в совершенно



неподготовленное к его восприятию сознание студента, который, увы, не научен к своему второму году пребывания в вузе элементарно самостоятельно мыслить.

Методика построения учебного процесса для инженеров-архитекторов в 4-м семестре состоит из следующих мероприятий.

Первое: аудиторная подача информационного материала производится демонстрацией на большом экране с использованием текстовой камеры (текстовая камера удобна с позиции мобильности в быстроте модернизации и дополнения информации). После рассмотрения каждой темы весь информационный материал (соответствующим образом скомпонованные тексты и иллюстрации) по договорённости с группой передаются энтузиастам для сканирования и размещения на сайте группы. Таким образом, у каждого студента оказывается полноценный электронный иллюстрированный конспект всех лекций плюс ссылки на рекомендуемые сайты в интернете. Некоторые студенты предпочитают делать фото непосредственно с экрана, фиксируя при этом письменно дополнительные устные пояснения преподавателя и его ответы на вопросы из аудитории. Примеры элементов электронного конспекта см. на рис. 1 и 2.

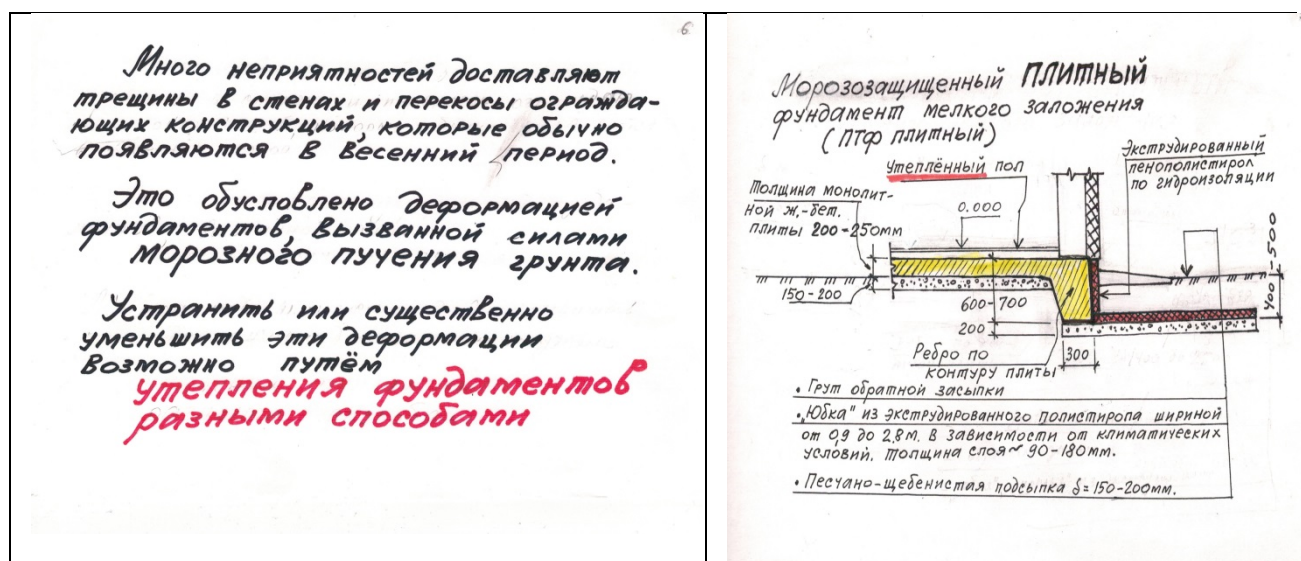


Рис. 1. Образцы карточек лекционного электронного конспекта

-- Второе: Обучение студентов осмысленным действиям в приобретении необходимых умений и навыков может происходить только в их систематической практической деятельности, связанной с проработкой поступающей им информации. Поэтому предусмотрены по разным темам выполнение четырех графических контрольных работ (каждая по индивидуальному заданию). Эти работы выполняются в домашних условиях из-за их многодельности и, следовательно, достаточно большой для аудиторного выполнения затраты времени, но при этом со строгой фиксацией срока сдачи. Несвоевременность сдачи наказывается снижением балла оценки (от 2-х до 6 баллов

соответственно опозданию). Проверка контрольных работ с указанием ошибок и неточностей непосредственно на чертеже письменном виде производится преподавателем с последующим «разбором полётов», если это требуется конкретному исполнителю или, при повторении у нескольких исполнителей идентичных промашек, для всей аудитории с выводом на экран. Некоторые примеры персональных заданий для контрольных работ с последовательно усложняющимся содержанием и объёмом приведены на рис. 3 и 4.

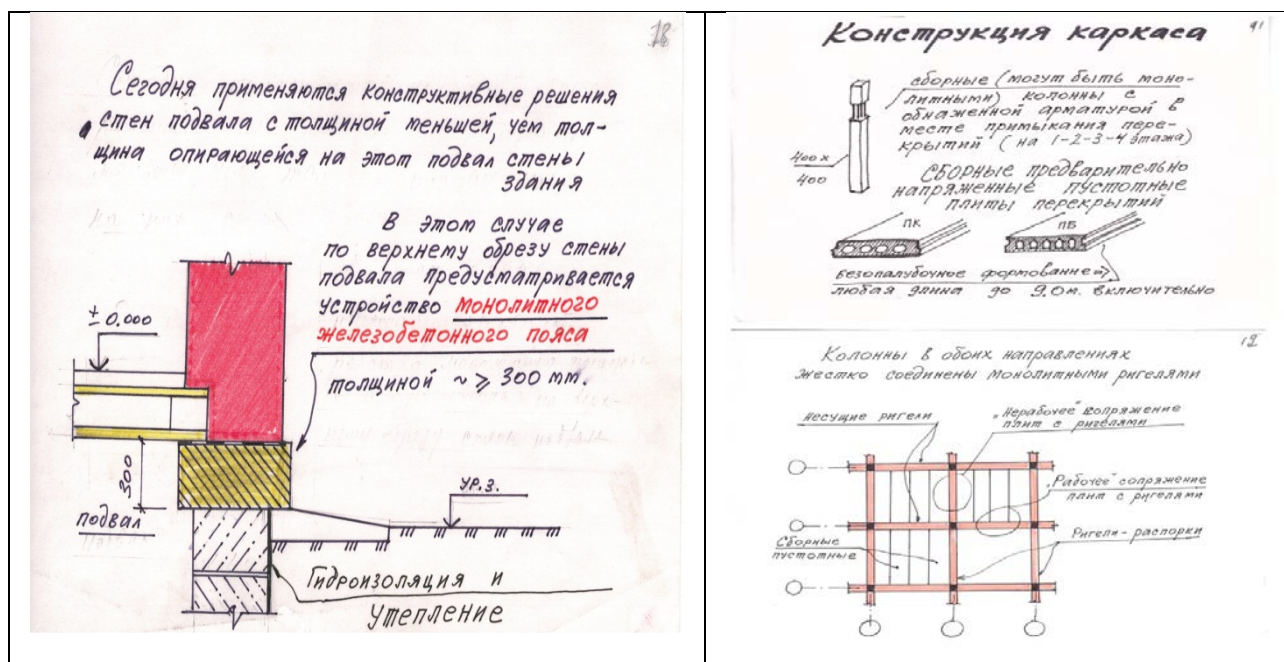


Рис. 1. Образцы карточек лекционного электронного конспекта

<p>2-й курс 4 семестр Архитектурные конструкции <b>Контрольная работа № 1</b> <b>Задание № 2</b></p> <p>1. Изобразить в продольном и поперечном сечениях современное конструктивное решение скатного тёплого совмещённого вентилируемого покрытия мансарды. Принять:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Стропила металлические из гнутого профиля швеллерного сечения высотой 160 мм.</li> <li>- Кровельное покрытие из битумной черепицы;</li> <li>- Утеплитель из минераловатных жёстких плит толщиной 180 мм.</li> </ul> <p>2. Представить эскизное решение карнизного узла этого покрытия, приняв конструкцию несущей стены из трёхслойной кирпичной кладки с толщиной слоёв 380 мм. и 120 мм и утеплителя из пенополистирола толщиной 100 мм.</p>	<p>2-й курс 4-й семестр Архитектурные конструкции <b>Контрольная работа №2</b> <b>Задание № 5</b></p> <p>Разработать эскиз цокольного узла по следующим данным:</p> <p><b>Конструкция наружной стены :</b> Несущая стена из газосиликатных блоков... (400x200x600мм), утеплённая пенополистирольными плитам толщиной 100мм.. Отделка фасада – современная тонкослойная штукатурка.</p> <p><b>Конструкция фундамента:</b> Столбчатый железобетонный монолитный с фундаментными балками трапециевидного сечения размерами... 200/160 x300 (высота), глубина заложения фундамента традиционная для отапливаемого помещения.</p> <p><b>Конструкция пола первого этажа</b> Пол по грунту. Конструкция пола для торгового зала магазина Отметка уровня земли: - 0.750м.</p>
--	---

Рис. 2. Примеры индивидуальных заданий для промежуточных контролей

<p>2-й курс 4-й семестр Архитектурные конструкции <b><u>Контрольная работа №3</u></b> <b><u>Задание № 21</u></b> <b><u>Конструктивные условия задания:</u></b></p> <p>1. <b><u>Конструкция наружной стены:</u></b> <i>Стена несущая монолитная в несъёмной опалубке из пенополистирольных блоков с фасадной отделкой из тонкослойно штукатурки</i></p> <p>2. <b><u>Конструкция междуэтажного (цокольного) перекрытия :</u></b> <i>Монолитное ребристое по системе Пластбау (дать оба сечения)</i></p> <p>3. <b><u>Конструкция пола</u></b> <i>Для офисного помещения</i></p> <p>4. <b><u>онструкция перемычек над проёмами:</u></b> <i>Монолитная железобетонная в опалубке из ППС</i></p> <p>5 <b><u>Конструкция фундамента</u></b> <i>Подвал высотой 2400мм. в чистоте. Стена подвала бетонная в опалубке из пустотных бетонных блоков по монолитной плите толщиной 300 мм.</i></p> <p><i>Планировочная отметка земли -1.050 м.</i></p> <p><b><u>Требуется :</u></b> <b>Разработать разрез по наружной несущей стене с включением:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- опирания на неё междуэтажного и цокольного перекрытий,</li> <li>- верхнего и нижнего узлов оконного проёма в стене;</li> <li>- цокольного узла и фундамента.</li> </ul>	<p>2-й курс 4-й семестр Архитектурные конструкции <b><u>Контрольная работа № 4</u></b> <b><u>Задание № 26</u></b> <b><u>Конструктивные условия задания:</u></b></p> <p>1. <b><u>Вид каркаса:</u></b> <i>Каркас УДС.</i></p> <p>2. <b><u>Конструкция наружного ограждения</u></b> <i>(перемычки по выбору) :</i> <i>Стена из керамзитобетонных блоков толщиной 300мм. с утеплением минераловатными плитами толщиной 120мм. Фасад вентилируемый--,керамогранит.</i></p> <p>3. <b><u>Конструктивное решение плоского покрытия:</u></b> <i>«Зелёная крыша» под кустарниковое озеленение</i></p> <p><b><u>Требуется выполнить:</u></b> <i>Разрез по наружной стене с включением конструкций:</i></p> <p><b><i>Перекрытия (конструкция пола по выбору), покрытия с парапетом, оконного проёма с заполнением двухкамерным стеклопакетом, цокольного узла при отметке уровня земли – 0. 9.00м.</i></b> <b><i>Конструкция стены подвала по выбору.</i></b></p>
---	---

Рис. 3. Примеры индивидуальных заданий для промежуточных контролей

К формированию ответа на поставленную в контроле задачу предъявляется обязательное требование обеспечения отсутствия мостов холода в теплозащитной оболочке. К сожалению, параллельно изучаемый студентами курс строительной физики значительно запаздывает к началу этих контролей в отношении понимания студентами теории процессов прохождения через ограждения потоков тепловой энергии, пара и воздуха. Это программный недостаток распределения учебных курсов во времени.

Две первые контрольные работы, являясь для студента второго курса принципиально первыми в самостоятельном формировании архитектурно-конструктивных карнизного или парапетного узлов покрытия и цокольно-фундаментного узла, ещё не объединяемых в общей структуре стены, включают карнизный узел теплого скатного вентилируемого покрытия с разной конструкцией стропильной системы и элементов кровли или плоского утеплённого покрытия традиционного решения, инверсионного типа (обычное, эксплуатируемое для



разных функций, «зелёная крыша», плюс-крыша). Конструкция стены здесь задаётся из мелкогабаритных элементов для ручной кладки (кирпич, керамические блоки, разновидности блоков из лёгких и ячеистых бетонов и др.) с наружным утеплением, или трехслойные стены. Всё это в индивидуальных заданиях выступает в разных сочетаниях. Для конструирования цокольно-фундаментного узла предлагаются ленточные фундаменты, столбчатые фундаменты под стены, морозоустойчивые фундаменты мелкого заложения, подвалы. Должны быть рассмотрены вопросы гидроизоляции и утепления.

Третий контроль предусматривает освоение монолитного строительства в несменяемых опалубках из пенополистирола, симпролит-бетона, разного вида «деревянных рубашек» на базе щепы (бризолит-блоки, велокс и др.), железобетонных опалубок (НЖБО) и их сочетаний. Перекрытия в заданиях предусматриваются разнообразными: пустотные плиты, железобетонные по балкам неполного сечения с вкладышами, плитные монолитные по деревянным современным балкам. Здесь наружное ограждение должно быть запроектировано по всей высоте – от покрытия до низа подвала.

Четвёртый контроль должен выявить понимание обучающимися формирования ограждения в каркасном здании при постановке стены по наружной грани колонн, либо в их створе. При этом задаются разные сборные, сборно-монолитные и монолитные строительные каркасные системы (АРКОС, Рекон, УДС и др.) и разные конструкции поэтажных стен из мелкогабаритных элементов с обязательным размещением у стены подвального помещения.

Примеры выполнения контрольных работ с проверкой баллами оценки преподавателем приведены на рис. 4 и 5.

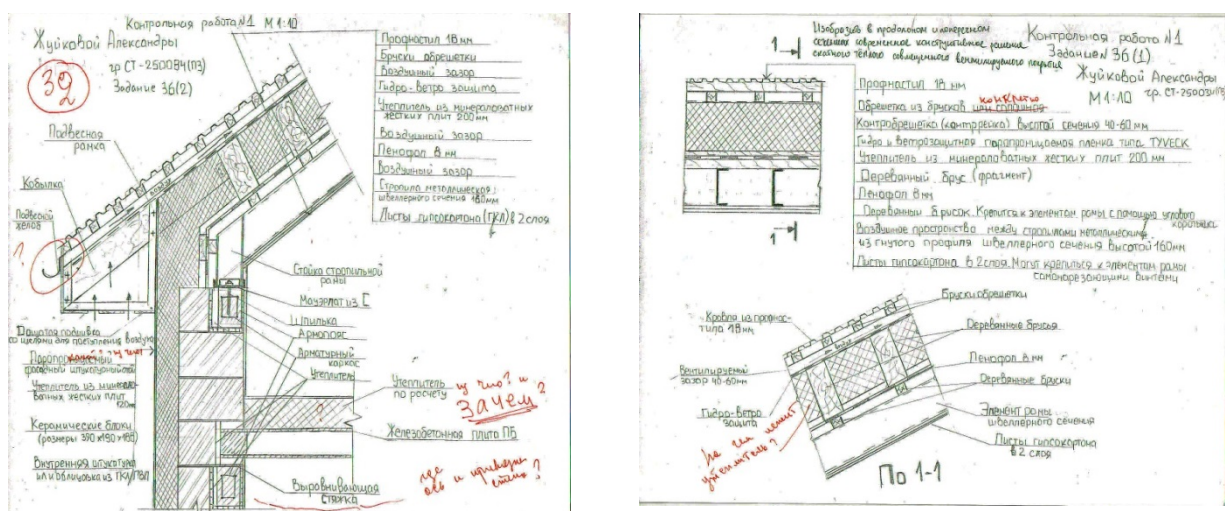


Рис. 3. Примеры выполнения контрольных работ



Трёхгодичная практика применения такого способа освоения студентами архитектурных конструкций начального уровня хорошо оправдала себя на экзаменационном контроле по этому разделу курса в 4-м семестре, который включает в себя теоретический материал и конструктивные примеры его применения. Следующим этапом применения приобретённых знаний по этой части курса по программе является первый творческий архитектурно-конструктивный проект жилого малоэтажного здания в курсе «Типология архитектурно-конструктивного проектирования». Это проектирование проходит в 5-м семестре, т.е. спустя перерыв на летние каникулы, за которые, как правило, студент умудряется все пройденное забыть. Тем не менее, самостоятельно выбрав целесообразную для своего объёмно-планировочного решения строительно-конструктивную систему, абсолютное большинство применило её в целом и в деталях практически безошибочно.

Таким образом применена лекционная интенсификация информационного блока курса с позиции увеличения объёма информации, постоянной корректировки этой информации и освещения проблем развития и внедрения новых и перспективных конструктивных решений. Это может быть осуществлено в строго фиксированное аудиторное время, только заставляя аудиторию слушать, понимать, отвечать на поставленные преподавателем вопросы, задавать свои вопросы, а не тратить на неумелое и торопливое списывание с доски или экрана, порой без понимания сути списываемого. Полный и качественный конспект учебного материала студент получает на своём групповом сайте. Имея такой полноценный электронный конспект, студент может при своём электронном оснащении (компьютер, планшет, смартфон) воспользоваться им в любое время и в любом месте. Некоторые даже ухитряются во внеаудиторное время иногда задавать вопросы преподавателю по электронной почте.

Пространственные конструкции и другие разделы, связанные с проектированием конструктивного решения архитектурных объектов, рассматриваются в других учебных курсах.

Следует отметить, что согласно учебной программе параллельно с проектированием малоэтажного жилого дома в 5-м семестре продолжается чтение лекций и выполнение двух домашних работ по курсу «Архитектурные конструкции»: по теме «Крупнопанельное бескаркасное домостроение» с домашней работой по заданной схеме типового этажа многоэтажного жилого здания в бесшовном варианте конструктивного решения и по теме «Одноэтажное промышленное здание». Совершенно очевидно, что такая параллель не идёт на пользу ни одной из этих работ.

### **Библиографический список**

1. Благовещенский Ф.А., Букина Е.Ф. Архитектурные конструкции. М.: Архитектура-С, 2011. 232 с.



2. Архитектурное конструирование / Пономарёв В.А.: учебник для вузов. – «Архитектура – С», 2008. – 736 с.
3. Технология VELOX - Несъемная опалубка. [www.rosstro-velox.ru/article/view/22](http://www.rosstro-velox.ru/article/view/22)
4. Универсальная домостроительная система. [www.bskural.ru/construction/](http://www.bskural.ru/construction/)
5. Морозоустойчивые фундаменты мелкого заложения. [www.nskdom.ru/building\\_material/249/](http://www.nskdom.ru/building_material/249/)
6. Гинзберг Л. А. Пожарная безопасность конструктивных решений проектируемых и реконструируемых зданий : учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 (270800) "Строительство", 07.03.01 (270100) "Архитектура" / Л. А. Гинзберг, П. И. Барсукова ; [науч. ред. Н. Н. Каганович] ; Урал.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА  
СТАНДАРТИЗАЦИИ РАНГОВ ДЛЯ  
ОЦЕНКИ УРОВНЯ  
СФОРМИРОВАННОСТИ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ  
КОМПЕТЕНТНОСТИ БАКАЛАВРОВ В  
ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

*Миронова Л. И*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, mirmila@mail.ru

*Жартаев Е. М.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия, zhartaevem@gmail.com

**Аннотация.** В статье рассмотрены компетенции бакалавров в области Строительства, регламентированные Федеральным образовательным стандартом высшего образования. Предложен уровневый подход для оценки их сформированности (низкий, средний, базовый, высокий). Представлена содержательная сущность каждого из уровней. На примере изыскательской и проектно-конструкторской деятельности (ИиПКД) показано применение метода стандартизации рангов, который позволяет получить числовые интервалы для оценки уровня сформированности компетентности в рассматриваемой области. Рассмотрен алгоритм построения математической модели. В качестве педагогического объекта рассмотрен перечень требований ФГОС ВО в области изыскательской и проектно-конструкторской деятельности, которые рассматриваются в качестве определенных характеристических атрибутов изучаемого объекта. Каждый атрибут описывается определенным набором признаков, расположенных в порядке возрастания их педагогической значимости в описываемом атрибуте. Признакам атрибутов назначаются ранги, начиная с 1 с шагом 1. При этом, чем значимее педагогический вклад признака в атрибут, тем выше должен быть ранг, а число рангов равно числу оцениваемых признаков.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия



### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

Иными словами, оценка производится по шкале с числом делений равным числу признаков. В общем случае все изучаемые атрибуты могут иметь разное количество признаков, поэтому без специальной обработки сопоставление рангов невозможно, так как ранги фактически получены путем измерения с использованием шкал различной длины. Процедура приведения ранговых оценок к сопоставимому виду называется стандартизацией рангов и, в нашем случае, состоит в процедуре простого равномерного растяжения более коротких шкал до требуемой длины. Для каждого атрибута текущий стандартизованный ранг равен разности между максимальным и минимальным назначенными рангами атрибута, деленной на количество пустых клеток. После проведения процедуры стандартизации рангов строится функция, поведение которой позволяет определить 4 числовых интервала, которые могут быть использованы для определения уровня сформированности профессиональных компетенций бакалавров в изыскательской и проектно-конструкторской деятельности. Практическое применение разработанного алгоритма предполагает автоматизацию процесса оценки уровня сформированности профессиональной компетентности в той или иной области деятельности посредством реализации в виде интерактивного программного модуля и разработку специальных учебно-методических материалов, позволяющих продемонстрировать будущему бакалавру-строителю наличие практического опыта в исследуемых областях деятельности.

**Ключевые слова:** Алгоритм применения метода стандартизации рангов, уровни сформированности профессиональной компетентности, оценочные интервалы.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**APPLICATION OF THE GRADES  
STANDARDIZATION METHOD FOR  
ASSESSING THE PROFESSIONAL  
COMPETENCE FORMATION LEVEL OF  
BACHELORS IN THE FIELD OF CIVIL  
ENGINEERING**

*Mironova L. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, mirmila@mail.ru

*Ghartaev E. M.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, zhartaevem@gmail.com

**Abstract.** In article the competences of bachelors in Construction regulated Federal State educational standards of the higher education (FSES HE) are considered. Level approach for an assessment of their formation is offered (low, medium, basic, high). The substantial essence of each of levels is presented. On the example of prospecting and design activity (P&DA) application of a method of standardization of ranks which allows to receive numerical intervals for an assessment of level of formation of competence of the considered area is shown. The algorithm of creation of mathematical model is considered. As a pedagogical object the list of requirements of FSES HE in the field of prospecting and design activity which are considered as certain characteristic attributes of the studied object is considered. Each attribute is described by a certain feature set, located in ascending order of their pedagogical importance in the described attribute. To signs of attributes ranks, since 1 with a step 1 are appointed. At the same time, the pedagogical contribution of a sign to attribute is more significant, the above there has to be a rank, and the number of ranks is equal to number of the estimated signs. In

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

### **III International Conference «Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures»**

other words, the assessment is made on a scale with number of divisions equal to number of signs. Generally all studied attributes can have different quantity of signs therefore without special processing comparison of ranks is impossible as ranks are actually received by measurement with use of scales of various length. The procedure of reduction of rank estimates to a comparable form is called standardization of ranks and, in our case, consists in the procedure of simple uniform stretching of shorter scales to the required length. For each attribute the current standardized rank is equal to a difference between the maximum and minimum appointed ranks of attribute, divided into quantity of empty cages. After holding a procedure of standardization of ranks function which behavior allows to define 4 numerical intervals which can be used for determination of level of formation of professional competences of bachelors of prospecting and design activity is based. Practical application of the developed algorithm assumes automation of process of an assessment of level of formation of professional competence of this or that sphere of activity by means of realization in the form of the interactive program module and development of the special educational and methodical materials allowing to show to future bachelor-builder existence of practical experience in the studied spheres of activity.

**Key words:** Algorithm of application of a method of standardization of ranks, levels of formation of professional competence, estimated intervals.

В структуру компетенций бакалавра, обучающегося по направлению 08.03.01 Строительство, согласно ФГОС ВО [13], входят компетенции трех видов: общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные. Наибольший интерес в условиях рыночных отношений и возросших требований работодателей к уровню подготовки выпускников вузов представляют профессиональные компетенции.

Профессиональные компетенции в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 Строительство рассматриваются в областях [13]:

- изыскательской и проектно-конструкторской деятельности (И и ПКД);
- производственно-технологической и производственно-управленческой деятельности (ПТ и ПУД);
- экспериментально-исследовательской деятельности (ЭИД);
- монтажно-наладочной и сервисно-эксплуатационной деятельности (МН и СЭД);
- предпринимательской деятельности (ПД).

Построение математической модели для определения уровня сформированности профессиональной компетентности в той или иной предметной области основано на теоретических положениях, опубликованных в работе [5–7].

Согласно компетентностному подходу в образовании [3, 11], предполагающему выявление теоретических и практических аспектов учебного процесса на основе формирования совокупности знаний, умений и опыта различных видов деятельности, студент должен быть в состоянии продемонстрировать свои умения на практике.

Для оценки сформированности профессиональных компетенций бакалавра в области строительства будем применять уровневый подход (низкий, средний, базовый, высокий), предложенный Беспалько В.П. [1, 2].

Низкий уровень сформированности профессиональных компетенций у бакалавра характеризуется наличием опыта по различению, распознаванию профессиональных объектов, понятий, терминов при повторном восприятии ранее изученного материала, по выполнению действий с ними, но «с подсказкой», пересказыванию и копированию учебной информации.

Средний уровень сформированности профессиональных компетенций у бакалавра характеризуется наличием опыта по самостоятельному воспроизведению и применению профессиональной информации в типовых ситуациях, рассмотренных ранее, в процессе обучения.

Базовый уровень сформированности профессиональных компетенций у бакалавра характеризуется наличием опыта по использованию приобретенных профессиональных

знаний и умений в нетипичных ситуациях, получению новых знаний путем действия по образцу.

Высокий уровень сформированности профессиональных компетенций у бакалавра характеризуется наличием опыта действия в непредвиденных ситуациях и создании новых алгоритмов, правил, действий, то есть субъективно новую информацию.

Ограниченный объем статьи не позволяет рассмотреть все виды деятельности бакалавра в области строительства. В рамках статьи рассмотрим только область изыскательской и проектно-конструкторской деятельности. В качестве атрибутов [4, 9, 12] процесса формирования профессиональных компетенций будем рассматривать регламентируемые ФГОС ВО компетенции в области строительства, а в качестве признаков этих атрибутов будем рассматривать степени проявления этих компетенций у бакалавра.

Определение уровня сформированности профессиональных компетенций бакалавра в области изыскательской и проектно-конструкторской деятельности

Рассмотрим область изыскательской и проектно-конструкторской деятельности (И и ПКД) бакалавров. Требования ФГОС ВО и подробная детализация их представлены в левом крайнем столбце табл. 1.

Таблица 1

**Регламентируемый ФГОС ВО перечень профессиональных компетенций бакалавра по направлению «Строительство» в области изыскательской и проектно-конструкторской деятельности**

Перечень компетенций, регламентируемых ФГОС ВО в области ИиПКД	Выпускник демонстрирует:	Назначенные ранги
ПК-1: знает нормативную базу в области инженерных изысканий, принципы проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	Знание нормативной базы в области инженерных изысканий на низком уровне	1
	На среднем уровне	2
	На базовом уровне	3
	На высоком уровне	4
	Знание принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест на низком уровне	5
	На среднем уровне	6
	На базовом уровне	7
	На высоком уровне	8
ПК-1: владеет методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с ТЗ с использованием универсальных и	Владение методами проведения инженерных изысканий на низком уровне	1
	На среднем уровне	2
	На базовом уровне	3
	На высоком уровне	4
	Владение технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с ТЗ	5
	На среднем уровне	6

Перечень компетенций, регламентируемых ФГОС ВО в области ИиПКД	Выпускник демонстрирует:	Назначенные ранги
специализированных ПВК и САПР	На базовом уровне	7
	На высоком уровне	8
	Владение навыками использования универсальных и специализированных ПВК и САПР на низком уровне	9
	На среднем уровне	10
	На базовом уровне	11
	На высоком уровне	12
ПК-2: способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений	Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений на низком уровне	1
	На среднем уровне	2
	На базовом уровне	3
	На высоком уровне	4
ПК-2: способен разрабатывать проектную и рабочую документацию	Способность разрабатывать проектную документацию на низком уровне	1
	На среднем уровне	2
	На базовом уровне	3
	На высоком уровне	4
	способность разрабатывать рабочую документацию на низком уровне	5
	На среднем уровне	6
	На базовом уровне	7
	На высоком уровне	8
ПК-3: способен оформлять законченные проектно-конструкторские работы	Способность оформлять законченные проектно-конструкторские работы на низком уровне	1
	На среднем уровне	2
	На базовом уровне	3
	На высоком уровне	4
ПК-3: способен контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации ТЗ, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	Способность контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации ТЗ на низком уровне	1
	На среднем уровне	2
	На базовом уровне	3
	На высоком уровне	4
	Способность контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам на низком уровне	5
	На среднем уровне	6
	На базовом уровне	7
	На высоком уровне	8

ШАГ 1. Опишем педагогический процесс формирования компетенций бакалавров в области в области И и ПКД с помощью атрибутов и соответствующих им признаков. Результаты этого шага представлены в среднем столбце табл. 1.

ШАГ 2. Назначим признакам атрибутов изучаемого процесса ранги. Результаты этого шага представлены в правом крайнем столбце в табл.1. Выпишем значения назначенных рангов в табл. 2.

Таблица 2

**Значения назначенных рангов атрибутам процесса формирования компетенций бакалавра в области И и ПКД**

№ атрибута ИиПКД	Назначенные ранги											
1(ПК-1)	1	2	3	4	5	6	7	8				
2 (ПК-1)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3(ПК-2)	1	2	3	4								
4(ПК-2)	1	2	3	4	5	6	7	8				
5(ПК-3)	1	2	3	4								
6(ПК-3)	1	2	3	4	5	6	7	8				

Для того чтобы можно было сравнивать признаки атрибутов между собой, необходимо провести процедуру стандартизации рангов, которая состоит в растяжении более коротких атрибутов до самого длинного [7, 10].

ШАГ 3. Произведем процедуру стандартизации рангов, результаты которой представлены в табл.3.

Таблица 3

**Значения стандартизованных рангов по признакам атрибутов процесса формирования компетенций бакалавра СтИ в области И и ПКД**

№ атрибута	Стандартизованные ранги											
1	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	8
2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	4
4	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	8
5	1	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	4
6	1	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	8
Ср. зн.	1	0,78	0,95	1,12	1,28	1,45	1,62	1,78	1,95	2,12	2,28	7,33

В результате проведения стандартизации рангов мы получили заданную таблично функцию и представленную в табл. 4.

Таблица 4

**Значения таблично заданной функции при определении уровня сформированности профессиональных компетенций бакалавров СТИ в области И и ПКД**

X	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Y	1	0,78	0,95	1,12	1,28	1,45	1,62	1,78	1,95	2,12	2,28	7,33

ШАГ 4. Построим график этой функции на отрезке [1, 12] (рис. 1).

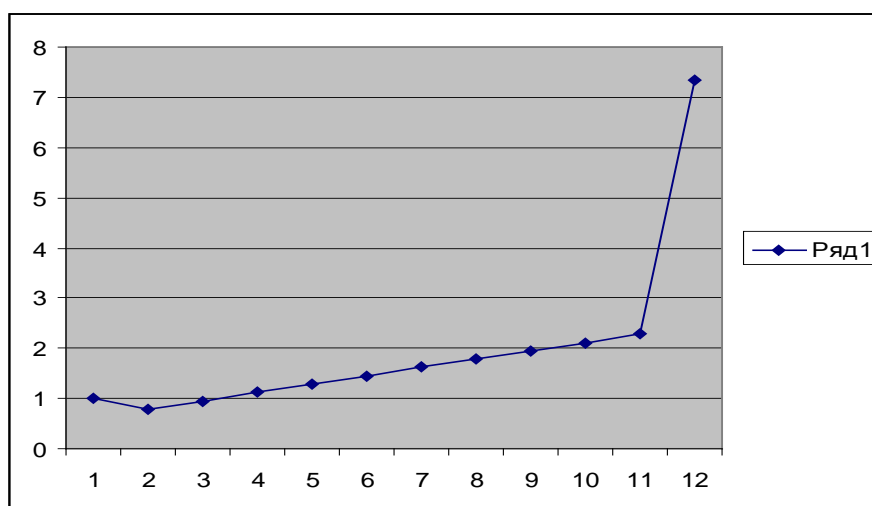


Рис. 1. График изменения средних значений рангов при определении уровня сформированности профессиональных компетенций бакалавров в области И и ПКД у бакалавров СТИ

Из графика на рисунке следует, что интервал  $[1,12]$  разбивается пограничными точками 2, 3 и 11 на 4 области. Результат пересчета пограничных точек для определения оценочных интервалов представлен в табл. 5.

Таблица 5

**Результаты пересчета значений пограничных точек в оценочные интервалы при определении уровня сформированности компетенций бакалавров СТИ в области И и ПКД**

Значения пограничных рангов	% значений пограничных рангов от максимального количества рангов (12)	Сумма рангов, соответствующая пограничным точкам (от суммы максимальных рангов (44))	Оценочный интервал
2	17	7	$\Sigma \leq 7$
3	25	11	$8 \leq \Sigma \leq 11$
11	92	40	$12 \leq \Sigma \leq 40$

Теперь можно сформулировать окончательные оценочные интервалы для определения уровня сформированности компетенций бакалавров СТИ в области изыскательской и проектно-конструкторской деятельности, которые представлены в табл.6.

Таблица 6

**Оценочные интервалы для определения уровня сформированности профессиональных компетенций бакалавров СТИ в области И и ПКД**

№	Сумма рангов	Рекомендации эксперта
1	Сумма рангов $\leq 7$ баллов	В области И и ПКД профессиональные компетенции сформированы на низком уровне
2	Сумма рангов от 8 до 11 баллов	В области И и ПКД профессиональные компетенции сформированы на среднем уровне
3	Сумма рангов от 12 до 40 баллов	В области И и ПКД профессиональные компетенции сформированы на базовом уровне
4	Сумма рангов $\geq 40$ баллов	В области И и ПКД профессиональные компетенции сформированы на высоком уровне



Применение алгоритма известного математического метода стандартизации рангов позволило вычислить оценочные интервалы для определения уровней сформированности профессиональных компетенций, регламентируемых ФГОС ВО по направлению подготовки «Строительство» в области изыскательской и проектно-конструкторской деятельности у будущих бакалавров-строителей.

Для остальных видов деятельности алгоритм определения уровня сформированности профессиональных компетенций строится аналогичным образом, только за основу следует брать регламентированные ФГОС ВО требования в той или иной области деятельности. Оценка компетенций в отдельных видах деятельности позволяет составить общее представление об уровне подготовки будущих бакалавров-строителей.

Практическое применение разработанной математической модели предполагает автоматизацию процесса оценки уровня сформированности профессиональной компетентности в той или иной области деятельности посредством реализации в виде интерактивного программного модуля и разработку специальных учебно-методических материалов, позволяющих продемонстрировать будущему бакалавру-строителю наличие практического опыта в исследуемых областях деятельности.

### Библиографический список

1. Беспалько, В.П. Опыт разработки критерия качества усвоения знаний учащимися / Методы и критерии оценки знаний, умений и навыков учащихся при программированном обучении [Текст] / В.П. Беспалько // М.: Изд-во псих. соц. ин-та. 1969.
2. Bloom, B. S. Taxonomy of educational objectives: the classification of educational coal / B. S. Bloom. - New York: David McKay. - 1956. - 207 p.
3. Зимняя, И.А. Компетентностный подход. Каково его место в системе со ременных подходов к проблемам образования? (теоретико-методологически аспект) / И. А. Зимняя // Высшее о разование сегодня: реформы, нововведения, опыт. - 2006. - N8.
4. Литературная энциклопедия терминов и понятий [Текст] // М., 2001.
5. Миронова, Л.И. Методы анализа математических моделей инновационных процессов в сфере образования [Текст] / Л.И.Миронова // Труды Института системного анализа РАН. Динамика неоднородных систем.2010.Т.49(1).
6. Миронова, Л.И. Применение математических методов в педагогических исследованиях [Текст] / Л.И.Миронова // Научный журнал «Высшее образование сегодня». 2010. №9.
7. Миронова, Л.И. Экспертиза в педагогических исследованиях [Текст] / Л.И.Миронова // LAP Lambert Academic Publishing, Германия. 2011. ISBN: 978-3-8465-0943-2.
8. Новикова, Т. Г. Экспертиза в современной инновационной практике [Текст] / Т. Г. Новикова // Инновационные процессы в образовании : теория и практика : сб. науч. ст. // М., 2001.
9. Ожегов, С. И. Толковый словарь русского языка [Текст] / С. И. Ожегов, Н. Ю. Шведова // Рос. академия наук. - М., 1997.
10. Плохинский, Н. А. Биометрия [Текст] / Н. А. Плохинский. - М. : Изд-во Моск. ун-та, 1970.
11. Роберт, И.В. Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы, перспективы использования /И.В.Роберт.-М.: Школа-Пресс, 1994.
12. Современный словарь иностранных слов [Текст]//М.:Русский язык, 1992.

13. Федеральный Государственный образовательный стандарт высшего образования, уровень высшего образования, бакалавриат, направление подготовки 08.03.01 Строительство, <http://fgosvo.ru/news/5/110>

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА  
ПРОЕКТА MARUEEV КАК ЭЛЕМЕНТ  
СИСТЕМЫ ИННОВАЦИОННОГО  
РАЗВИТИЯ РЕГИОНА**

*Мищенко Е. С.*

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

*Монастырев П. В.*

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

*Евдокимцев О. В.*

Тамбовский государственный технический университет, Тамбов, Россия

**Аннотация.** В статье дана информация о разработке основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 08.04.01 Строительство «Проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных зданий». Приведены результаты анкетирования работодателей по вопросам требуемых компетенций в сфере энергоэффективного строительства. Дано описание программы, приведен перечень дисциплин, их трудоемкость и формы контроля. Показано межвузовское взаимодействие в области разработки учебно-методического обеспечения магистерских программ в области природосберегающего и энергоэффективного строительства.

**Ключевые слова:** образовательная программа, магистратура, строительство, энергоэффективность.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**MARUEEB PROJECT MASTER STUDY  
PROGRAMME AS THE PRIMARY ELEMENT  
OF THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF  
THE TAMBOV REGION**

*Mishchenko E. S.*

Tambov state technical university, Tambov, Russia

*Monastyrev P. V.*

Tambov state technical university, Tambov, Russia

*Evdokimtsev O. V.*

Tambov state technical university, Tambov, Russia

**Abstract.** The article considers information on the development of the basic professional educational program in the field of preparation 08.04.01 Construction "Design, construction and operation of energy-efficient buildings". The results of the questionnaire of employers on the required competencies in the energy-efficient construction sphere are given. The article gives the program's description, list of disciplines, their workload and control forms. The interuniversity interaction in the educational and methodical support of master's programs development in the field of environmentally-friendly and energy-efficient construction is shown.

**Key words:** study program, master course, construction, energy efficiency.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В 2015 году ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет» выиграл грант на тему: «Разработка магистерской программы по инновационным технологиям в сфере энергоэффективного строительства для университетов и предприятий РФ и Армении» [1–3]. Для разработки и внедрения новой программы магистратуры по природосберегающему и энергоэффективному строительству с учетом требований работодателей было проведено выборочное анкетирование среди руководящего состава предприятий строительной индустрии, сотрудничающих с Тамбовским государственным техническим университетом [4, 5].

Организовывая анкетирование, ТГТУ ставил перед собой исследовательские и прикладные цели. Исследовательская цель состояла в том, чтобы определить тенденции, существующие на рынке труда Тамбовской области, потребности работодателей в специалистах, компетентных в вопросах энергоэффективного строительства и эксплуатации зданий. Прикладная – сбор информации, необходимой для разработки программы магистратуры в области энергоэффективного строительства с учетом потребностей рынка труда.

В опросе принимали участие работодатели в сфере проектирования, строительства, технической эксплуатации зданий. Они заинтересованы в найме выпускников ТГТУ и способны оценить предлагаемые опросные позиции исходя из опыта работы с ними в качестве временных или постоянных сотрудников. Заметим, что среди респондентов были как те, кто является потенциальным работодателем для студентов, так и те, кто открывает позиции только дипломированным специалистам.

Участникам анкетирования предлагалось ответить на 21 вопрос. Сообразно поставленным целям, вопросы были поделены на три тематических части:

- часть *A* – основная информация о респондентах и их отношение к проблеме повышения энергоэффективности и ресурсосбережения;
- часть *B* – компетенции, определяющие степень эффективности профессиональной деятельности выпускников;
- часть *C* – предложения для объединения магистерской программы и рынка труда.

При анализе результатов заполнения анкет в части *A* была выполнена задача по получению контактных данных респондентов для организации дальнейшего сотрудничества в процессе реализации магистерской программы. В анкетировании приняло участие 17 организаций и компаний строительной индустрии Тамбовской области (рис. 1).

Следует отметить, что 24 % респондентов являются крупными работодателями (численность работников превышает 250 человек), 29 % – средними (работает от 51 до 250 человек), 47 % – мелкими (менее 50 работников).

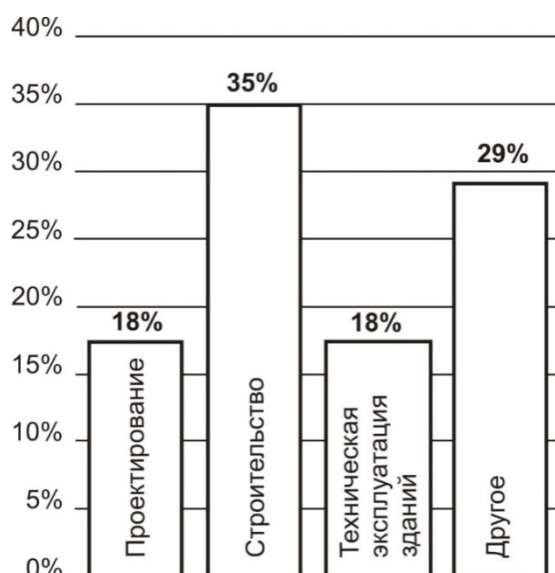


Рис. 1. Основная сфера деятельности анкетированных

При ответе на вопрос, являются ли проблемы повышения энергоэффективности актуальными, 67 % работодателей ответило утвердительно. Остальные 33 % считают эти проблемы не столь существенными.

На вопрос о том, существует ли потребность в выпускниках программы магистратуры, обладающих определенными компетенциями в сфере энергоэффективного строительства, большинство респондентов ответило положительно (рис. 2), что свидетельствует о понимании работодателями необходимости подготовки специалистов в области повышения энергоэффективности при проектировании, строительстве и эксплуатации зданий.

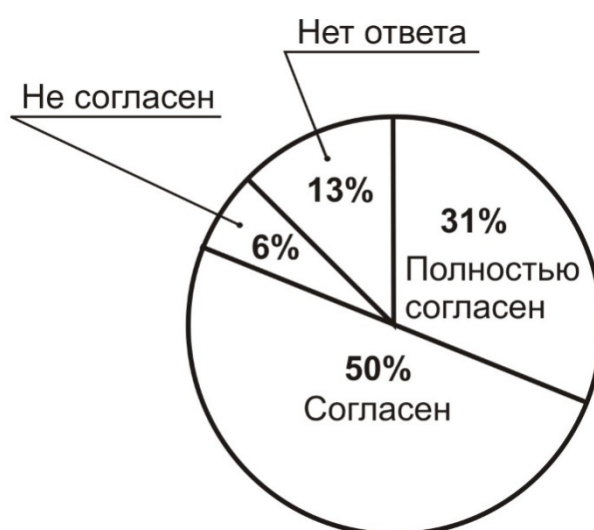


Рис. 2. Ответы работодателей на утверждение: «Существует потребность в выпускниках магистерской программы, обладающих определенными компетенциями в сфере энергоэффективного строительства»

Участникам анкетирования также было предложено отметить специализированные и социальные навыки и компетенции, которые, по их мнению, оказывают наибольшее влияние на профессиональную деятельность специалиста и его карьерный рост в компании/организации и будут востребованы в следующие 5–10 лет.

Как видно из диаграммы, представленной на рис. 3, работодатели считают, что выпускники магистерской программы в первую очередь должны обладать знаниями по энергосбережению в зданиях, навыками в энергетическом аудите и в сфере управления проектами, иметь представление о возобновляемых источниках энергии.

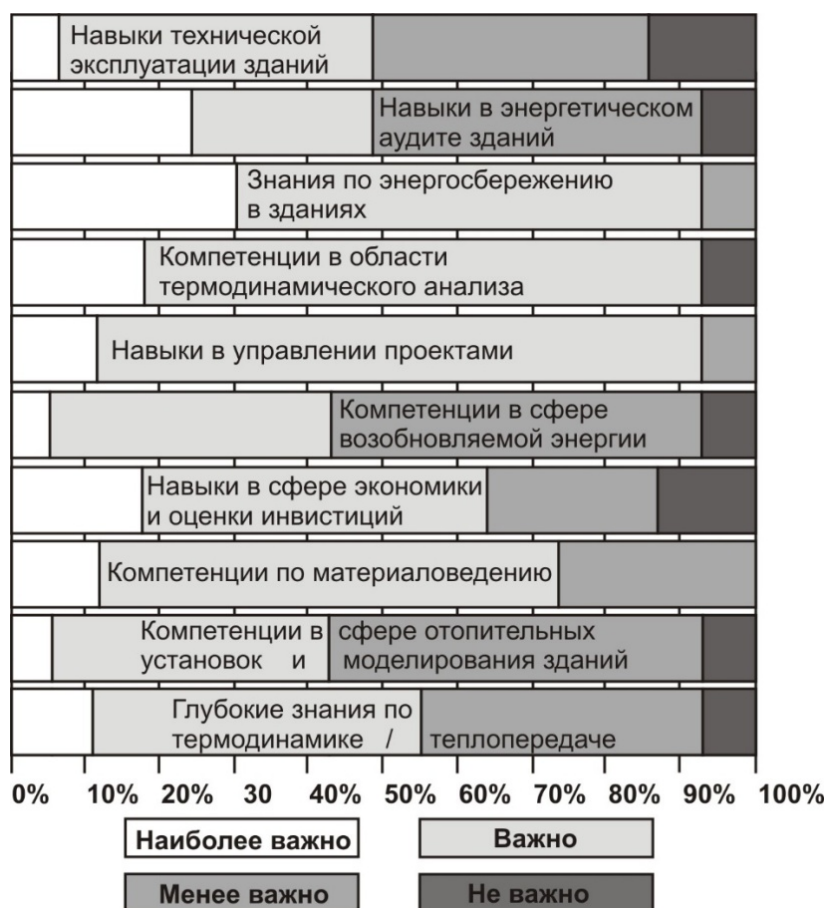


Рис. 3. Специализированные навыки и компетенции, востребованные в российских компаниях и организациях

Анализируя данные диаграммы на рис. 4, можно сделать вывод о том, что среди социальных факторов и факторов межличностного общения лидерами по мнению работодателей являются такие показатели, как «Навыки принятия решений», «Навыки коммуникации», «Умение работать в команде» и «Владение компьютером».

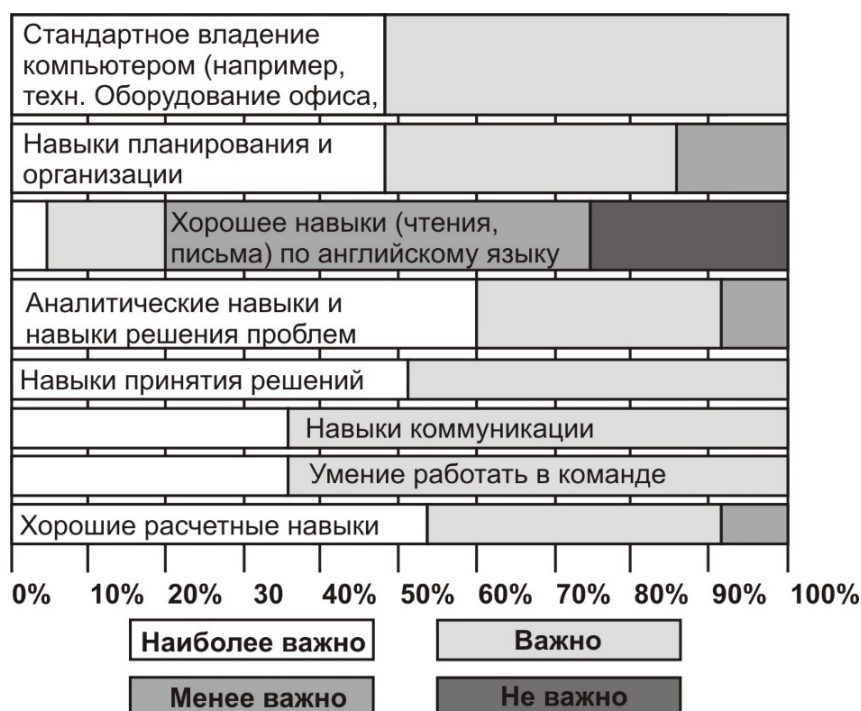


Рис. 4. Навыки и компетенции межличностного общения, востребованные в российских компаниях и организациях

Важную роль, по мнению работодателей, играет способность выпускников университета управлять проектами, обладание организационными навыками. Таким образом, при разработке новой магистерской программы необходимо было обратить внимание на групповые и проектные формы обучения, которые обеспечивают развитие вышеперечисленных навыков.

Наименее востребованной компетенцией среди социальных навыков является «Хорошие навыки по английскому языку». Вероятно, это связано с тем, что предприятия и организации, участвующие в опросе, не имеют опыта и необходимости во взаимодействии с иностранными партнерами. Тем не менее, из года в год увеличивается число компаний и организаций международного уровня. Поэтому требования к обладанию данной компетенцией для выпускников обязательными (наиболее важно, важно, менее важно рис. 4) считают более 70 % респондентов.

В связи с тем, что адаптация на новом месте – одна из первых трудностей, с которыми сталкиваются новые сотрудники, важно понимать, сколько времени в процессе стажировки необходимо для включения в деятельность организации или предприятия молодому специалисту. Для этого работодателям была предложена шкала ответов, представленная в виде диаграммы на рис. 5.

Опрашиваемые представители предприятий считают, что оптимальная продолжительность стажировок магистров-стажеров может составлять от 3 до 6 месяцев.



При этом 75 % респондентов хотели бы предоставить возможность стажировки для выпускников магистерской программы «Проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных зданий». Магистры-стажеры, по мнению работодателей, могли бы выполнять обязанности ассистента (37 %), участвовать в групповой работе (38 %) и выполнять индивидуальные задания (25 %).

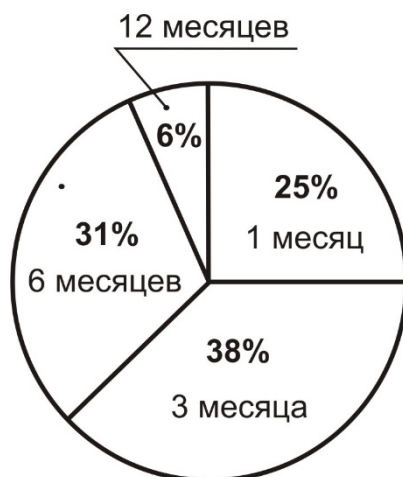


Рис. 5. Оптимальная продолжительность стажировок магистров-стажеров

При ответе на вопрос части С «Предложения для объединения магистерской программы и рынка труда» некоторые респонденты высказали пожелания о возможности организации обучения и стажировки по специализации по профилю предприятия, подавшем заявку на будущего специалиста, а также о выполнении совместных научно-исследовательских работ в области проектирования и строительства энергоэффективных зданий.

С целью подготовки квалифицированных кадров по инновационным технологиям в сфере энергоэффективного строительства на основании проведенного опроса работодателей, действующего ФГОС ВО по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (уровень магистратуры) была разработана программа прикладной магистратуры «Проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных зданий» [6]. Данная программа согласно квалификационной рамки Европейского пространства высшего образования относится ко второму циклу и имеет 7 уровень. Образовательная программа рассчитана на 2 года обучения и имеет трудоемкость 120 зачетных единиц. Перечень дисциплин, их трудоемкость и отчетность представлены в табл. 1.

**Перечень дисциплин, их трудоемкость и отчетность по программе прикладной магистратуры  
«Проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных зданий»**

Наименование	семестр	Форма контроля	Трудоемкость	
			часов	ЗЕТ
Базовая часть				
Деловое общение и профессиональная этика	1	Зачет	108	3
Международная профессиональная коммуникация	1	Зачет	108	3
Методы решения научно-технических задач в строительстве	1	Зачет	180	5
	2	Зачет с оценкой		
	3	Зачет	108	3
Расчетно-конструктивное проектирование зданий и сооружений	1	Экзамен	144	4
Эффективность инноваций и инновационных технологий в строительстве	3	Зачет	108	3
Вариативная часть (обязательные дисциплины)				
Инженерные системы энергоэффективных зданий	1 и 2	Экзамен	216	6
	2	Курсовая работа		
Техническая эксплуатация энергоэффективных зданий	2	Экзамен, курсовая работа	144	4
Конструктивные решения энергоэффективных зданий	3	Экзамен, курсовая работа	180	5
Экономическая эффективность энергосберегающих мероприятий	3	Экзамен, курсовая работа	180	5
Вариативная часть (элективные дисциплины)				
Специальные разделы строительной физики	1	Экзамен	108	3
Строительная теплофизика				
Инновационные строительные материалы для энергоэффективных зданий	2	Экзамен	108	3
Современные материалы ограждающих конструкций зданий				
Экологическая безопасность в строительстве	3	Экзамен	108	3
Методология оценки экологической безопасности строительных объектов				
Повышение энергоэффективности эксплуатируемых зданий	3	Экзамен	108	3
Энергосбережение при модернизации зданий				
Российское и международное законодательное нормирование в области энергоэффективного строительства	2	Зачет	108	3
Отечественные и зарубежные системы нормирования энергоэффективности зданий и сооружений				
Учебная практика	2	Зачет с оценкой	576	8
	3	Зачет с оценкой		

Наименование	семестр	Форма контроля	Трудоемкость	
			часов	ЗЕТ
Научно-исследовательская работа	1	Зачет с оценкой	288	8
Производственная практика	2	Зачет с оценкой	1080	30
	4	Зачет с оценкой		
Государственная итоговая аттестация			216	6
Итого			4320	120
Факультативы				
Деловой английский язык	1	Зачет	72	2
Педагогика высшей школы	2	Зачет	72	2
Организационно управленческая деятельность	3	Зачет	72	2

В настоящее время ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого президента России Б.Н. Ельцина» и ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» ведут подготовку учебных пособий «Эко-концептуальное архитектурное проектирование», «Особенности проектирования жизненного цикла энергоэффективных объектов недвижимости», «Биосферосовместимые технологии энергосбережения в градостроительстве» и «Инновационные материалы и технологии для энергоэффективных зданий», которые станут основой учебно-методического обеспечения магистерской программы «Проектирование, строительство и эксплуатация энергоэффективных зданий».

### Библиографический список

1. Мищенко Е.С., Монастырев П.В. Опыт международного научно-образовательного сотрудничества в области архитектуры и строительства // Интеграция образования. – 2015, № 4, Т. 19 – С. 10-15.
2. Мищенко Е.С., Монастырев П.В. Международное сотрудничество Тамбовского государственного технического университета в области архитектуры и строительства / Материалы 2-й международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт». Тамбов. ТГТУ. 25 сентября 2015 года. – Изд-во Першина Р.В. С.7-10.
3. Мищенко Е.С., Евдокимцев О.В., Монастырев П.В. Разработка образовательной программы в области повышения энергетической эффективности зданий // Сборник материалов II Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур». Екатеринбург. УрФУ. 27-27 мая 2016 года. – Информационный портал УрФУ <http://www.urfu.ru>. С.166-171.
4. Мищенко Е. С., Монастырев П. В., Евдокимцев О. В., Корчагина О. А., Матвеева И. В. Энергоэффективное строительство в Тамбовской области: образовательные аспекты / В. И. Вернадский: устойчивое развитие регионов [Электронный ресурс]: материалы Международной научно-практической конференции. В 5 т. Т. 1 / под науч. ред. В. А. Грачева, М. Н. Краснянского, Н. В. Молотковой и др. ; Между-нар. науч.-практ. конф., 7 – 9 июня 2016 г., г. Тамбов. – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВО «ТГТУ», 2016. С. 232-238.

5. Мищенко Е. С., Монастырев П. В., Евдокимцев О. В., Корчагина О. А., Матвеева И. В. Актуальность образовательных программ прикладной магистратуры в области энергоэффективного строительства // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И. Вернадского. – 2016. - № 4(62). – С.203-209.
6. Монастырев П.В., Евдокимцев О.В., Милованов А.В. Образовательные программы Института архитектуры, строительства и транспорта как элементы инновационного развития экономики Тамбовской области / Материалы 3-й международной научно-практической конференции «Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство, транспорт». Тамбов. ТГТУ. 27 июня 2016 года. – Изд-во Першина Р.В. С.8-14.

**УМНЫЙ ГОРОД**

**SMART CITY**

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

## **ЖИВУЧЕСТЬ ГОРОДСКИХ ИНФРАСТРУКТУР – КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ ДЛЯ СОЗДАНИЯ «УМНЫХ» УСТОЙЧИВЫХ ГОРОДОВ**

*Тимашев С. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, timashevs@gmail.com  
Научно-инженерный центр «Надежность и ресурс больших систем и  
машин» УрО РАН, Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** В статье сформулировано понятие живучести городской инфраструктуры, описанное вербально, а также строго в терминах условной вероятности. Живучесть используется для корреляции с городским риском и для разработки нескольких наиболее важных особенностей «умных» городов. Этот мультидисциплинарный и многогранный подход используется для объяснения концепции количественной живучести в градостроительстве, эксплуатации, управлении городским риском и уменьшения последствий стихийного или промышленного бедствия. Супер актуальная проблема сформулирована на том, как связать физическую и пространственную (основную) живучести с функциональной, организационной, экономической и социальной живучестями.

**Ключевые слова:** живучесть, устойчивость, городская инфраструктура, «умный» город, средняя продолжительность жизни.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **URBAN INFRASTRUCTURES RESILIENCE – KEY ELEMENT FOR CREATING SMART SUSTAINABLE CITIES**

*Timashev S. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, timashevs@gmail.com

Science and Engineering Centre “Reliability and Safety of Large Systems” of  
Ural Branch of Russian Academy of Sciences, Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** In this paper the notion of urban infrastructure resilience, expressed verbally and strictly in conditional probability terms, is formulated. It is then used to correlation with urban risk is used to formulate several most important features of smart city. This multidisciplinary and multifaceted approach is used to explain the concept of quantitative resilience in urban design, operation, managing urban risk and mitigating of the consequences of a natural or industrial disaster. The super urgent problem is formulated on how to connect the physical and spatial (core) resiliencies with the functional, organizational, economic and social resiliencies.

**Key words:** resilience, sustainability, urban infrastructures, smart cities, average life expectancy.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## 1. Introduction

Currently, the concept of resilience emerged as a *central theme* of industrial and urban development (there are more than 120 definitions of resilience, most of them are qualitative). It is capable of serving as the basis and tool for solving the most urgent issues of modern civilization, including strategic investments by leading development institutions and humanitarian communities around the world. Despite the importance of critical infrastructures and systems and expected growth of future climatic hazards, relatively few studies have addressed these issues and no methodology for the analysis of such an impact has ever reached a general consensus. As of now, it seems (to our knowledge) that there is no quantitative definition of resilience and strategic preparedness to which a majority would subscribe.

The quantitative and qualitative analysis of resilience as related to urban infrastructures takes its roots from the notion and concept of industrial resilience [1-4]. In this paper the urban infrastructure resilience is defined both verbally and strictly in conditional probabilistic terms, as all the parameters which describe resilience quantitatively, are random. The conditionality of the resilience probabilities is due to the probabilistic and uncertain/fuzzy nature of the impact, and of the financial, social and other restrictions on the critical infrastructure, for which the resilience is assessed.

## 2. Short history of the resilience concept

In Russian language the word for resilience (*zhivuchest*) has as its root the Russian word *zhivoy* (alive) and means capacity of an object (animate or inanimate) to continue, without interruption, its functioning (staying “alive”), while being damaged by extreme loads, forces and/or influences. The Russian Dictionaries define *zhivuchest* as human longevity, or as capability for robust performance of a ship under the influence of wind, waves, fire, and enemy artillery. It, obviously, contains in itself the notion of endurance. The English word resilience originated from *resilire*, the Latin word meaning skip backward or rebound. In the Western world the concept of resilience as a common notion was adopted early 17-th century and, by the end of that century, the concept evolved to mean the ability to react after (not during) a shock.

It seems that Admiral O.S. Makarov of Russian Navy was the first who introduced, way back in 1894, the notion of infrastructure resilience in reference to the ability of battle ships (as elements of the war infrastructure) to continue their effective performance under artillery fire and subsequent damage [5]. Seven years later, in 1901 the Charpy impact V-notch high strain-rate test, that determines the amount of energy absorbed by a material during fracture, was standardized, and its resilience was defined as the capacity of the test material to absorb an impact. So the modern concept of resilience comes from the metal industry, in which it is defined as the capacity of steel to



withstand an impact, to maintain its shape, and to recover fast after receiving an impact. The notion of resilience was then gradually used in defining the behavior of different mechanical systems (beams, trusses, shell-like structures, bridges, as well as industrial and military vehicles and machines, etc.).

### 3. Urban resilience

Currently, cities contain in their bowels 50+% of the world's population. With rural population decreasing, the global population growth will continue in urban areas. Cities attract people because of the quality of work, services, communications, security and social relations, etc. Although some of the living conditions in cities can be worse than in rural areas, but, in general, the urban quality of life is overwhelmingly better than rural existence.

Cities can be classified as: 1) large, medium and small; 2) metropolitan, urban, semi-urban and rural; 3) consolidated and developmental. They can belong to the four existing global environments—rich, modest, poor and miserable worlds. Any city can be classified by these three characteristic factors and the four world types in which it is located.

Cities grow at an ever increasing speed, and are currently subjected to a multitude of pressures, out of which the following four are of greatest concern: 1) evolution of technology and globalization at a neck breaking pace; 2) fast socioeconomic changes; 3) obvious climate change; 4) the growing needs of demanding citizens, due to a combination of the above elements.

All of the above creates new threats and the necessity to protect citizens from these threats. They could be effectively mitigated by the novel concept of *urban resilience*. Brief verbal description of urban resilience.

The definition of urban resilience was given above. Resilience is the driver and, simultaneously, a precious quality of *sustainable* urban development. Considering a city as a system of systems (SoS), resilience recognizes all of them as dynamic and complex systems that have to continuously adapt to various challenges of *stochastic, probabilistic, uncertain, or vague character* in an integrated and holistic manner. Each part of these systems has an inherent reliance on all the other parts.

In general, factors that influence city resilience include: the range and severity of hazards; the risk to life, limb and property; the vulnerability and exposure of human, social, and environmental systems, and the degree of (strategic) preparedness of the physical and the governance systems to any Natural or urban and industrial shocks and stressors and their consequences during an incident, accident or catastrophe. The resilience concept adopts a multiple hazards approach, considering resilience against all types of plausible hazards, and refers not only to reducing risks and damages from disasters (i.e. loss of lives, limbs and assets), but also the ability

to quickly recover back to the pre-shock stable state. Using resilience concept permits correct placing of strategic investments by leading development institutions and humanitarian communities around the world.

### **3.1. The essence and components of urban resilience**

The essence and components of urban resilience consists of working to: 1) prevent any potential threat; 2) withstand any impact caused; 3) react to the crises derived from the impact; 4) recover the city's functionalities; 5) learn from the experience.

The four main components of urban resilience are: industrial disaster and climate resilience, economic resilience, social resilience and urban resilience. All this is achieved when the city becomes smart. There are two competing concepts of Smart Cities. The first concept is used to equip the infrastructures and the services for the optimal management of the city as the path to reach a Resilient City. In the second concept the optimal management of a city goes through already resilient network of services and infrastructures equipped with smart technology to create a Smart City. In the latter case the concept of a smart city is formulated and builds up around optimizing implementation of following five key ideas [6, 7]:

- The win-win exchanging/sharing of goods and services between citizens and communities, using the common heritage or private property;
- The minimum environmental consumption and energy efficiency (minimal environmental footprint of the city), by recomposing the mix of energy consumption and the self-production of renewables;
- The free and fluid communication among social stakeholders (citizens, communities, companies, and institutions) using new technologies;
- City wide integration of new information and communication technologies, robotics and intelligent systems that maximize delivering needed information just in time;
- The network operation, which is the basis of resilience, to: 1) achieve maximum security of supply of goods and services with the right energy and environmental consumption; 2) make good use of the available infrastructure and 3) provide the necessary social communication that will enable the city to adapt and recover functionalities in case of an impact.

Implementation of these ideas may include changes in the design and management of: 1) infrastructures, with emphasis on the redundancies and interconnections; 2) interdependent services, focusing on the ways they could support each other in case of an incident; 3) behavior of citizens in critical situations (the fundamental strategic element for improving urban resilience).

#### 4. Quantitative description of resilience

The above *verbal* description of the resilience concept lacks tools that would allow solving numerous problems related to assessing and controlling (managing) resilience as a quantity. Below such an apparatus is described. A generalized quantitative definition of resilience and preparedness is given by taking into account that most of the multiple parameters on which resilience / preparedness is dependent, are random variables (RV), random functions or random fields (RF).

Therefore, resilience is also a RV or a RF, and also is an explicit function of time. Hence, it is possible to quantitatively define resilience (as a rough first approximation) as follows [8, 9]:

$$Rsl(t) = P \left( \begin{array}{l} P(N_t < N_*(0); E < E_*; \\ \Delta RDP \leq \Delta RDP_*; \\ \Delta t_r < \Delta t_*; C \leq C_*, 0 < \tau < t \end{array} \right) \quad (1)$$

where  $P(N_t < N_*(0))$  is the probability that the number of injuries/lethalities during the incident or catastrophe (and after, while mitigating its consequences) will not exceed a specific number during the time  $t$ ;  $P(E < E_*)$  is the probability that the volume/monetary value of the environmental damage during mitigating the catastrophe will not exceed a specific value during the time  $t$ ;  $P(\Delta RDP \leq \Delta RDP_*)$  is the probability that the decrease of the regional domestic product will not be larger than a specific value during the time  $t$ ;  $P(\Delta t_r < \Delta t_*)$  is the probability that the acceptable recovery envelope time will not exceed a specific time;  $P(C \leq C_*)$  is the probability that the cost of recovery of the region will not exceed the forecasted value.

To this definition some quantitative measures should be added that refer the incident mitigation to the human factor (applied to the whole population involved in the crises): Amount of suffering – total hours of being out of the comfort zone; Number of mild, medium and serious illnesses; Numbers of injuries, limb losses and lethalities (classified by age, gender, profession).

Now the strategic preparedness would be defined as a complex characteristic of a city, which resilience parameters [see formula (1)] are not less than some benchmark values. The latter could be obtained through solving corresponding optimization problems or real life statistics.

##### 4.1. The architecture of the urban resilience system

The architecture of the urban resilience system (URS) mimics the long time existing on the market different monitoring and maintenance optimization systems designed to optimize performance of critical industrial infrastructures [2], [3], [4]. The difference is in that the urban infrastructure, in its entirety, is a very specific complex system of interdependent systems (SoIS) and is widely spread and some of its part *continuously moves* over the whole territory of a

municipality. The URS is designed to provide, in the first place, raw and processed data about how this SoIS functions, and to some extent, but much less, about how it degrades in time [6, 7].

A typical URS consist of following elements (which can be purchased at affordable prices that have lowered more than 80% in the last 10 years, and continue to drop): *sensors*, *geolocation subsystem*, *information subsystem*, *security subsystem*, and the *situation room SR*, which serves as the ultimate place where the decision makers *formulate*, *simulate* and *calibrate* their actions in response to different incidents, emergency situations, and catastrophes.

The main parts of this URS architecture are shown in Fig. 1 [6].

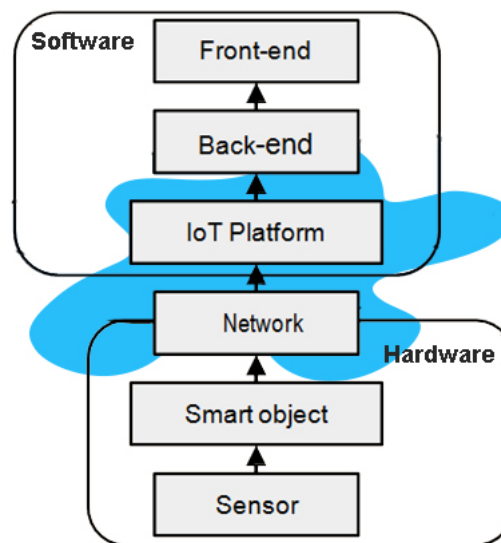


Figure 1. The main components of the urban resilience subsystem

## 5. Critical infrastructure models

One of the most relevant problems in risk analysis of complex systems is the construction of adequate models of critical infrastructures (CIs). These models should lead to simple and effective quantitative methods of risk analysis and management of urban systems of CIs. Complex systems are characterized by that: 1) The interaction of its subsystems (elements) is hard to present explicitly; 2) The input data which describes functioning of the various elements of CIs is heterogeneous; 3) The traditional models, based on series-parallel connection of CI elements not always give an adequate description of CIs; 4) Implementation of the logic-probability models and graph theory models demands great efforts and presence of substantial prior information on the subject of research, which is not always available. Most effective in many cases are descriptions of CI as transportation, supply and Bayesian networks.

Consider an important and complex interdisciplinary integration problem – managing safety of a critical infrastructure (CI) of a large municipal area or a region, embedded into the context and realities of the modern society of risk. When analyzing risk it is necessary to answer three mutually

dependent questions: Is the considered system of CIs safe enough? What is the size of risk? At what level of expenditures and efforts it is worthwhile to spend to save lives? There are two major approaches to this daunting task.

The first one could be characterized as the *from top to bottom-FTTB* or from *top-down* models. This approach largely ignores the small and medium scale events and zeroes in on state or regional scale consequences [e.g., the Leontieff Input-Output (I-O) model]. The second approach could be called the *from-bottom-up-FBU* models. It builds the risk model as a *quilt*, using as its *bricks* corresponding results of solutions of problems that relate to elements of critical infrastructures, and, finally, systems of CIs. It also is comprehensive, repeatable, rigorous, sophisticated, and based on real life statistics, permits true multidisciplinary block-module approach, when the output of the  $i$ -th problem is the input for the  $(i + 1)$ -th problem. It also provides a natural way of assessing the domino-type disaster scenarios. This approach (*as related to industrial and natural disasters*) is institutionalized by a series of Federal laws and EMERCOM regulations and ruling documents. According to these rulings *every entity* that is considered a potentially dangerous object (PDO) is obliged to provide a *declaration* and a *passport of its safety*, and a *risk map*, which depicts the individual risk in the territory of the site and its surroundings. These documents contain: quantitative description of the operational risk of this entity; description of the needed mitigating means (machines, transportation, materials, workforce, and financial means) for the *worst case scenario* and the *average scenario*. The risk (failure) analysis is conducted using a set of state approved recommended practices (RP). These RP's are based on solutions of relevant problems of fracture mechanics, blast, fire, spill, filtration, water and air pollution, and descriptions of their consequences in typical scenario settings; provide some guidelines as to how to assess the number of fatalities and the monetary value of lost life or limb; prescribe how to assess the damage inflicted by a catastrophe and to present the collective risk specific for the PDO in consideration.

## 6. Selecting risk mitigating control (management) means

The last problem that crowns the full solution of urban risk management is designing and implementing risk mitigation control means. There are two approaches to solve this problem. The direct problem is posed as follows: With *given means* for improving CIs safety  $S_{\text{giv}}$  choose such a set of measures that *maximizes reduction* of incident probability  $Q_i = P / A$ . The inverse problem is formulated in following terms: With *minimal expenditures* EX choose such a set of measures, implementation of which lowers the incident probability  $Q_i = P / A$  down to an *acceptable* (preassigned) level  $P_{\text{acc}}(A)$ . The above methodology was successfully implemented in creating risk

maps for large municipalities and its satellites, power grids of several regions, pipeline systems, and other types of PDOs [10].

### 7. Intrinsic specifics of critical infrastructures

Modern CIs have following indispensable components: Risk based diagnostic subsystems; Monitoring and/or control sub-system(s); Risk based integrity maintenance subsystems; Assets safety and security/defense subsystems, and other. The total risk of operating CIs is carried by its Full Group of Scenarios (100 %). All these specifics should be consistently accounted for during the design, operation and risk assessment of urban PDOs and CIs.

Urban ICI networks can be considered as *conduits* and at the same time as *intermediaries* between the natural environment and the resource demands of the urban society [8–11]. ICI is also the principal source of technological hazards of the city. A point failure anywhere in the ICI can rapidly propagate through the city with broad impacts on the citizens and the environment. Hence, it stands for reason that *management of urban risk may be boiled down to management of risk for the whole urban system of ICIs*.

The problem of urban resilience management consists of following two parts: Assessing the full possible damage and all of its components; Designing means and methods for reduction the potential consequences of an initial failure in the system of ICIs. This problem can be solved *only through interdisciplinary approach*, and by convoluting the heterogeneous parameters, which define the operation of the CI, into few integral parameters, which should be simple to understand and use.

The main conceptual problem of assessing, monitoring, and managing resilience /risk of ICIs is defined by following three factors: the dimension of the problem is huge (could be tens of thousands of interdependent parameters); the problem is multi-disciplinary, and the parameters involved when solving the problem are from different sciences and branches of engineering, and currently are, as a rule, hard, if not impossible to convolute; the ICI risk cannot be adequately described without explicitly accounting for the Human Factor (HF). Hence, before attempting to solve the problem in consideration, it is necessary to introduce some *unified measures of safety/risk*, which account for the human factor in socially meaningful terms.

### 8. Proposed quantitative unified criteria for resilience/risk management

Author proposes [8] following four generalized criteria: ICI Resilience; Regional Average Life Expectancy (RALE); Regional Life Quality Index (RLQI); ICI Entropy. Important comment: Public safety and security is an important objective, but diminishing of risk requires additional expenditures. The share of resources that is being devoted by society for achieving safety must be continuously evaluated, having in mind other needs of society, such as clean air and water, healthy

food, housing, health care, social security benefits, pensions, education, etc., which also improve the longevity and quality of life.

Therefore, the central problem of regional (ICIs) risk management becomes optimization of the distribution of the always limited resources to improve the overall safety of systems of ICIs, and via this, the urban safety. This paper describes principles and methodology which lead to achieving this goal.

### 8.1. Probabilistic definition of urban resilience and strategic preparedness

It is best to first visualize the Resilience Factor (see Fig. 2). In it RDP = regional (urban) domestic product;  $N(L, I)$  – number of casualties ( $L$ ), injuries ( $I$ );  $(E + A)$  – environmental and property losses;  $U(\tau_0)$  – vector of full losses. The corresponding problems are solved using appropriate probabilistic methods.

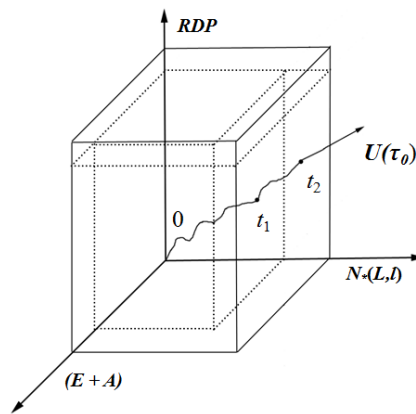


Figure 2. Full and partial resilience factors

Actually, Resilience Factor RF is a  $n$ -dimensional vector. In order to visualize each component of this vector it is recommended to deploy the vector, portraying each component of the RF vector as a two-dimensional function of time (see Fig. 3). In this figure it can be seen that after the disaster the CI output  $O$  is decreased and it takes some time to restore  $O$  to predisaster values. The same pattern is observed for the RDP of the damaged CI. The losses  $S$  of limb and health of the citizens can be compensated, but it takes more time than in the previous case. Finally, the loss of life is permanent, as it will last forever. In reality, there will be more components of the resilient factor RF.

Further analysis involves considering different scenarios of development of the restoration phase of the damaged CI, each of which has its own probability of developing (Fig.4). Assessment of these probabilities is a very important, but separate part of the analysis and is derived via computer simulation.



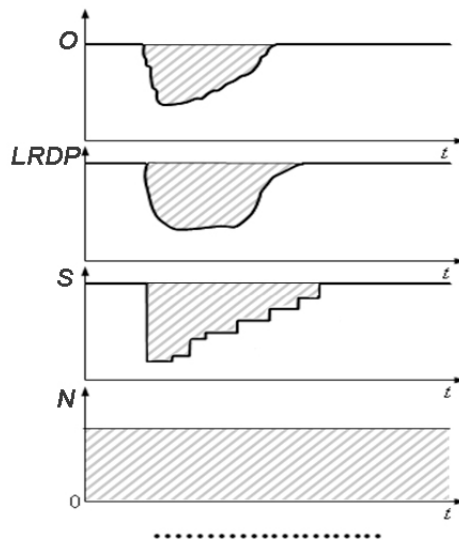


Figure 3.  $N$ -dimensional collapse of infrastructure operating quality due to a disaster or a catastrophe:  $O$  – Output, LRDP – Lost growth RDP,  $N$  – non recoverable losses,  $S$  – recoverable losses; the dashed area relates to the  $n$ -dimensional volume/area of the quality collapse

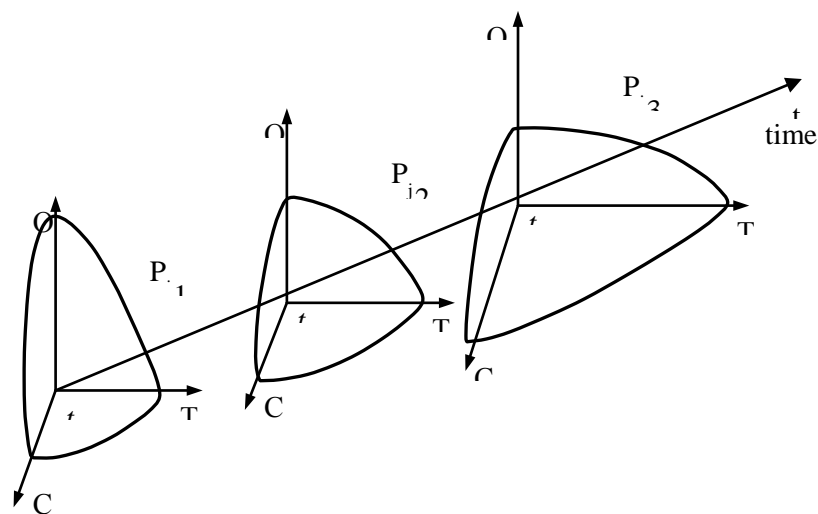


Figure 4. The change of the partial infrastructure resilience  $Res_j(t)$  in time for different probabilities of an incident/disaster/catastrophe and size of losses.  $t_{a,c}$  – time of the disaster,  $C$  – cost of recovery,  $T$  – duration of recovery,  $O$  – volume of lost production/services.

## 9. Urban average life expectancy (UALE) as generalized criteria for optimizing city resilience

One may ask, why UALE? There are many reasons why UALE could be effectively used in urban risk analysis and management. The most valuable asset of any society is its people. The most valuable trait of a human being is her/his life. The most valuable parameter of a human life is its longevity in good health. UALE at birth is a non additive (non linear) parameter which permits combining parameters of complex safety of elements, structures and ICI systems with economic parameters of the operation and social aspects of sustainable development of the region. UALE



provides seamless tying up of separate specific problems of safety/reliability of CIs and their elements with the generalized problem of regional risk management. UALE is a convenient characteristic for assessing the quality of life, because it continues to make sense with the size of the society in consideration shrinking. It is possible to calculate ALE for the nation/country as a whole, as well as for a separate region, industry, ICI, PDO and even for an individual. UALE has a biological «ceiling» (currently, around 125 years) and some properties of a fractal, is a solution of a system of differential equations and has the form of a logistic curve which is a function of time. It depends on the current value of UALE, is a logistic curve, and on how optimal the society distributes year by year the regional DP on accumulation of wealth, consumption, and on safety of the system of the ICIs, its employees, and the population adjacent to the same ICIs from the possible influence of incidents of different nature (Nature, technological, premeditated). In the last component it is necessary to single out those means (shares of UDP and of the PDOs budget), which could be (are) allotted to mitigate disasters and catastrophes of the ICIs' components and, accordingly, define, what would be the decrease/increase of the number of fatalities/injuries in the region in consideration due to natural/technogenic incidents, and assess how quantitatively this will influence the UALE.

The necessity of balancing the benefit from increasing safety (i.e., in the context of the problem in consideration, increasing UALE), and the cost of decreasing risk is an imperative of the XXI century and professional obligation of decision makers who are responsible for the safety of people. The ability of any society to prevent premature death/injury of its people is finite and restricted by its capability to create societal wealth. Hence, the central problem of management of any risk (including technological risk) becomes optimization of the distribution (by volume and place of application) of the always limited resources to mitigate risk using the UALE criterion.

### **10. The stakeholders of urban resilience**

The stakeholders of urban resilience are four major different groups of organizations: 1) multilateral bodies (key to the urban resilience market, as they provide financing for UR improvement projects in emerging and developed cities, management and its benefits to citizens, economic operators, and decision-makers, support of policies for improving resilience ;2) research centers, which play a fundamental and vital role in this regard; 3) businesses that catalyze UR development; 4) governments of all caliber cities who are the end users of the UR product.

The hotspot in implementing the resilience concept in every day management of cities is in creating and using specially tailored software. Several such packages already exist and are being offered in the market [6, 7, 12, 13]. For instance the HAZUR® software package has been used to optimize management of several large and small cities in Catalonia (Spain). Besides improving

public image, it helps creating an effective resilience subsystem of the city (installation of sensors for diagnostics and monitoring), for studying, analyzing and managing the city resilience, and *optimizing* the compatibility, coordination, operation of different services (agents) based on gathered data, allows to run simulations to illustrate how the city will react in the case of an impact.

### Conclusion

Initial results of an interdisciplinary project on developing a methodology of urban risk management via risk governance of ICIs systems are presented.

The proposed methodology may serve as a useful tool for managing risk of PDOs, critical infrastructures and their systems according to the RALE criterion.

Results of the research may be useful to the municipal level decision makers (DMs), who make decisions related to optimal distribution of their budgets, taking into account sustainable growth of entities under their jurisdiction. They will also be able to monitor how their decisions influence the quality of life / level of happiness of their constituents as related to the decisions they make in the disaster and ordinary times.

In order to implement the resilience methodology to create a smart sustainable city it is necessary to build up for it an urban resilience subsystem *URS*, its architecture outlined in this paper, and create in its frame work a Resilience Office that is the core of dealing with urban crises and systemic stress. This URS would identify the weakest spots in the urban System of Systems and react faster and more efficiently during and after an impact or crisis.

### References

1. Timashev S.A., I.L. Yablonskikh. Expert System for Assessing Main Pipeline Reliability and Residual Lifetime. Proceedings of the 7-th Specialty Conference ASCE "Probabilistic Mechanics and Structural Reliability, Worcester, Massachusetts, USA, 1996, P.322-329
2. Timashev S.A., Hoperskiy G.G., Chepurkiy V.N. Reliability and residual life monitoring system for oil pumping station equipment. Pipeline transport of oil, #8, 1997, P.5-9, #9, 1997, P.8-13
3. Galagan P.I., Semihatov N.A., Poluyan L.V., Timashev S.A.. Stationary system of vibration protection and vibrodiagnostics of oil pumping units. Diagnosis and control, 1998, #6.
4. Timashev S.A. Optimal machinery integrity and maintenance control. COMADEM Magazine, July 2000 (Best publication of the Year 2000 Award)
5. Makarov S.O. The analysis of elements that make up the combat power of ships. Petrograd. Marine Collection, 1894, # 6, P.1-106.
6. <http://opticits.com/>, HAZUR Software, Barcelona, 2017
7. Opticity LLC, 2016 [http://www.arup.com/city\\_resilience\\_index](http://www.arup.com/city_resilience_index), ARUP. City Resilience Framework. City Resilience Index. The Rockefeller Foundation.
8. S.A. Timashev, "Average life expectancy as a criterion for regional risk management," J. of Risk Analysis and Crisis Response. Paris, France: Atlantis Press, vol. 4-1, P. 10-19, March 2014.
9. S.A. Timashev. Infrastructure Resilience: Definition, Calculation, Application. WEEF, IGIP/ICL Conference, Pisa, Italy 2016.

10. S.A. Timashev, “Unified quantitative criteria for managing regional risk,” Proceedings of the 11th International Conference on Structural Safety & Reliability, ICOSSAR. Columbia University New York, NY, June 2013.
11. E.S. Guryev, L.V. Poluyan, and S.A. Timashev, “Construction of dynamic risk maps for large metropolitan areas,” J. of Risk Analysis and Crisis Response. Paris,
12. Argonne National Lab, Constructing a Resilience Index for the Enhanced Critical Infrastructure Protection Program. ANL/DIS-19-9 August 2010.
13. National Institute of Building Sciences. The Brashier Group LLC. Two Open Source Solutions for Advancing Resilience. Washington, 2012

**УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ  
УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

**SUSTAINABLE DEVELOPMENT  
OF URBAN AREAS**

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критических  
инфраструктур»**

## **АРХИТЕКТУРНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ СТАДИОНОВ**

*Азнобин Е. Б.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, loymanymaker@inbox.ru

*Ананьин М. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, m.y.ananin@uf.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются общие положения проектирования стадионов с позиции архитектурной устойчивости. Обоснована актуальность темы. Упомянуты особенности «зелёного» строительства. Описываются основные принципы необходимые для архитектурной экоустойчивости стадиона. Приведены положения об оценке экоустойчивости строительства. Отмечено, что с самого начала строительства, должны учитываться разнообразные требования к стадионам и влияние их на окружающую застройку в процессе эксплуатации. Рассмотрены следующие задачи, которые требуется решить с позиции устойчивого развития: положительное влияние на экологию, путём защиты экосистем, улучшение качества воздуха и воды, снижение количества твёрдых отходов и уменьшение выбросов углекислого газа; положительное влияние на экономику за счёт снижения расходов на эксплуатацию, повышение надёжности коммуникационных сетей, улучшение акустической среды и снижение влияния на окружающую среду. Приведён анализ строительных материалов для светопропускающих кровель.

**Ключевые слова:** стадион, экоустойчивость, устойчивое развитие, энергоэффективность, экология, экономика, эвапотранспирация, световое загрязнение, светопропускающая кровля, зелёное строительство, поликарбонат, солнечные батареи, фотоэлектрические элементы.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **ARCHITECTURAL STABILITY OF STADIUMS**

*Aznobin E. B.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, loymanymaker@inbox.ru

*Ananin M. Y.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Россия, m.y.ananin@uf.ru

**Abstract.** General provisions of design of stadiums from a position of architectural stability are considered in this article. Relevance of a subject is proved. Features of "green" construction are mentioned. The basic principles necessary for architectural ecostability of stadium are described. Provisions about estimates of ecostability of construction are provided. It is noted that from the very beginning of construction, various requirements to stadiums and their influence on surrounding building in use have to be considered. The following tasks which are required to be solved from a position of sustainable development are considered: positive influence on ecology, by protection of ecosystems, improvement of quality of air and water, decrease in amount of solid waste and reduction of emissions of carbon dioxide; positive influence on economy due to decrease in expenses on operation, increase in reliability of communication networks, improvement of the acoustic environment and decrease in influence on the environment. The analysis of construction materials for light-transmitting roofs is provided.

**Key words:** stadium, ecostability, sustainable development, energy efficiency, ecology, economy, evapotranspiration, luminous pollution, light-transmitting roof, green construction, polycarbonate, solar batteries, photo-electric elements.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## **Введение**

Значимое спортивное событие немыслимо без огромного стадиона. При этом сегодня при строительстве или реконструкции больших стадионов выходят следующие приоритеты: зрители должны себя чувствовать комфортно и безопасно, а сами спортивные комплексы не должны оказывать неблагоприятное воздействие на окружающие застройки.

В настоящее время в архитектуре крупных стадионов сосредоточен мировой опыт строительства, который отражает уровень своего времени. Однако в архитектуре стадионов 21-го века сосредоточены новейшие нано-, IT-, и энергоэффективные технологии, которые и стали предметом исследования настоящей статьи. Важно также отметить, что стадионы, обязаны удовлетворять критериям устойчивости, то есть быть «зелёными».

Следует упомянуть особенности «зелёного» строительства:

- продуманная конструкция зданий с целью снижения теплового загрязнения, максимального использования дневного света и циркуляции воздуха;
- использование энергосберегающего кондиционирования и освещения; использование экологически чистых, нетоксичных материалов;
- снижение отходов и использование утилизированных материалов;
- применение водосберегающего сантехнического оборудования и сбор дождевой воды;
- использование источников возобновляемой энергии;
- снижение влияния застройки на окружающую среду.

## **Оценка экоустойчивости**

Экоустойчивость строительства – это важнейшее условие, которое должно соблюдаться при строительстве стадионов для охраны окружающей среды.

Работа по планированию и моделированию экоустойчивых концепций объектов не представляет для проектировщиков особых затруднений, а вот полная интеграция и практическая реализация концепций требует определенной решимости со стороны не столько проектировщиков, сколько заинтересованных лиц.

Важность применения методов устойчивого развития, обеспечивающих минимизацию ущерба окружающей среде во всем мире, считается одним из основных аспектов, которые необходимо учесть при строительстве стадиона. Следовательно, применение этих методов в ходе строительства (например, использование материалов вторичной переработки, систем охлаждения и отопления, освещения) и в ходе эксплуатации (например, системы энергоснабжения из возобновляемых источников, системы обработки сточных вод) является ответственностью всех заинтересованных сторон. Использование таких инициатив в проекте

стадиона принесет не только выгоды в долгосрочной перспективе, но и положительную репутацию социально и экологически ответственного проекта.

При проектировании стадиона с позиции устойчивого развития, требуется решить следующие задачи:

1. Положительное влияние на экологию, которое включает в себя:
  - 1.1. Развитие и защита экосистем и биологического разнообразия;
  - 1.2. Улучшение качества воздуха и воды;
  - 1.3. Снижение количества твёрдых отходов;
  - 1.4. Уменьшение выбросов углекислого газа.
2. Положительное влияние на экономику, которая включает:
  - 2.1. Снижение расходов на эксплуатацию;
  - 2.2. Повышение надёжности коммуникационных сетей;
  - 2.3. Улучшение качества воздуха, температурной и акустической среды;
  - 2.4. Снижение влияния на окружающую среду.

Атрибуты экоустойчивости приведены на рис. 1.



Рис. 1. Атрибуты экоустойчивости [1]

Ниже раскрыты способы решения данных задач.

### 1.1. Развитие и защита экосистем и биологического разнообразия

Принцип сохранения биологического разнообразия заключается в следующем: во всех случаях использования, преобразования или направленного конструирования экосистем следует добиваться максимального богатства и разнообразия составляющих их видов, помня,



что за видовым разнообразием стоит разнокачественность элементов структуры экосистем и популяций отдельных видов. Меры, поддерживающие данную концепцию:

- строительство нового стадиона на месте ранее существовавшего;
- использование экологических или возобновляемых материалов;
- при строительстве стадиона не затрагивается биосфера окружающей среды;
- запрещение расположение стадионов вблизи заповедников.

## 1.2. Улучшение качества воздуха и воды

Данное улучшение можно достичь за счёт следующих мер:

а) *естественное проветривание* (см. рис. 2): естественное проветривание внесет свой вклад в терморегуляцию и повысит качество воздуха на стадионе, снизит риск неприятной духоты, которая часто возникает при скоплении множества людей, предотвратит сырость и поверхностную конденсацию. Проекты с хорошей естественной вентиляцией также снижают потребность в энергоемких механических системах вентиляции и охлаждения.

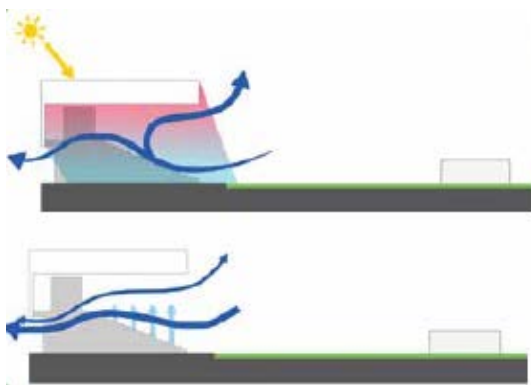


Рис. 2. Способы естественного проветривания [2]

б) *доступность воды*: в каждой стране и каждом регионе — свои возможности водоснабжения. Многие страны страдают от нехватки чистой питьевой воды. Возможные методы очистки и последующего использования воды становятся критически важными факторами любого проекта стадиона.

в) *сбор дождевой воды*: сбор дождевой воды позволяет меньше потреблять пресной воды, энергии и химикатов, тем самым позволяет, рационально использовать водные ресурсы. Дождевую воду можно отводить с крыши и поля во временные емкости для хранения для очистки, а затем использовать для ирригации поля.

г) *эффективность использования воды*: эта категория нацелена на уменьшение потребления воды и использование альтернативных водных ресурсов, таких как сбор дождевой воды. Снижение расхода питьевой воды за счет использования в санитарно-технических помещениях (туалетах) собранной дождевой воды. Ещё большей экономии

воды можно достичь благодаря внедрению водосберегающей технологии в санитарно-канализационные системы на фазе строительства.

д) *вторичное использование воды*: вода из душевых и других «чистых» зон (бытовые сточные воды) может повторно использоваться для смыва в туалетах, что дает существенную экономию. В некоторых случаях можно даже заключить соглашения с местными водоочистительными станциями и получать от них переработанную воду для смыва в туалетах и ирригации поля.

е) *безводные писсуары*: безводные писсуары, оснащенные «ловушкой» с жидким уплотнителем вместо воды, представляют собой еще одно средство экономии водопотребления.

### 1.3. Снижение количества твёрдых отходов

Решение данной задачи может быть связано со следующими факторами:

а) *выбор материалов*: материалы должны выбираться, учитывая следующие требования: отсутствие мусора, вывозимого на свалки; охрана здоровья людей и окружающей среды; минимизация энергозатрат.

б) *количество материалов*: целью каждой программы приобретения материалов является сокращение количества материалов, необходимых для реализации проекта. Это должно учитываться в первую очередь.

в) *вторичная переработка*: также важна вторичная переработка материалов. Рециклинг материалов позволит их снова продуктивно использовать. Сюда могут входить:

- апсайклинг – процесс переработки отходов в новые материалы или продукцию более высокого качества или более экологически чистую.
- даунсайклинг – процесс переработки отходов в новые материалы или продукцию более низкого качества или ограниченного использования.
- компост – процесс, при котором отходы определённого состава разлагаются в аэробных и анаэробных условиях для получения продукции, имеющей полезное применение.

г) *повторное использование*: по возможности следует выбирать материалы, которые можно использовать повторно. Некоторые из стратегий повторного использования материалов включают:

- возврат материалов поставщикам для очистки, тестирования и повторной продажи;
- использование при проектировании систем со сборно-разборной конструкцией или на болтовых соединениях;
- применение широко распространённых материалов, которые легче использовать повторно.

д) *отходы*: основная статья расходов при эксплуатации стадиона – это вывоз отходов. Для снижения количества производимого мусора программа «Green Goal» рекомендует использовать многоразовую тару для напитков, утилизировать отходы с помощью их сортировки и продавать еду и сувениры без упаковок.

#### **1.4. Уменьшение выбросов углекислого газа**

Решение таких задач напрямую зависит от ряда мер связанных с транспортом, а именно:

- сокращение выбросов углекислого газа, связанных с транспортировкой материалов во время строительства стадиона и поездками на стадион и обратно;
- любые инициативы, направленные на поощрение максимального использования общественного транспорта, поскольку, чем меньше частных транспортных средств, тем ниже общие выбросы углекислого газа;
- все парковочные места должны быть либо закрыты козырьком стадиона, либо находиться в тени деревьев, что даст возможность уменьшить так называемый эффект локального перегрева;
- снижение платы за парковку для зрителей, которые будут приезжать на собственных автомобилях с экономичным расходом топлива и низким уровнем выбросов CO и CH;
- использование энергосберегающего оборудования и охлаждающих систем с пониженным выбросом CO<sub>2</sub>, в сочетании с экономией освещения и расхода электроэнергии;
- использование транспорта и грузового оборудования, работающих на аккумуляторах или на электричестве;
- вторичное использование транспортировочных и упаковочных материалов.

#### **2.1. Снижение расходов на эксплуатацию**

Положительное влияние на экономику может быть достигнуто следующими рассмотренными ниже способами снижения расходов на эксплуатацию:

а) *солнечные батареи*: установленные на крыше стадиона солнечные батареи становятся простым и экологически чистым средством выработки электричества (примером может служить стадион «Корнелья Эль-Прат» в Барселоне) (см. рис. 3). Производимую энергию можно даже с выгодой возвращать в основную сеть электроснабжения. Несмотря на то, что в краткосрочных оценках солнечные батареи все еще достаточно дороги, а экономический эффект от их использования начинает ощущаться лишь спустя некоторое время, многие страны предоставляют сейчас гранты и субсидии, которые делают этот источник энергии окупаемым и вполне привлекательным в долгосрочной перспективе. Естественное тепло, полученное солнечными батареями, может использоваться для того,

чтобы уменьшить зависимость стадиона от традиционных источников и снизить его общее энергопотребление. Например, горячую воду для умывальников и душей можно получать путем сбора, сохранения и применения низкотемпературной солнечной энергии, вырабатываемой солнечными батареями. Наконец, это помогает сократить затраты на традиционное энергоснабжение.



Рис. 3. Использование солнечных батапей (<http://football-stadiums.ru/other/23-evropa/ispaniya/113-kornelya-el-prat.html>) (дата обращения: 23.04.2017)

б) *фотоэлектрические элементы* (см. рис. 4): фотоэлектрические элементы производят электричество под воздействием прямых солнечных лучей. Им почти не нужно обслуживание, они не загрязняют окружающую среду и не требуют инженерного управления. Фотоэлектрические элементы на крышах стадионов уже доказали свою эффективность.



Рис. 4. Использование фотоэлектрических элементов (<http://tikinti.org/taiwan%E2%80%99s-solar-stadium-un-estadio-que-funciona-100-con-energia-solar-realmente-espectacular-ecologico-y-sostenible.html>) (дата обращения: 23.04.2017)

## **2.2. Надёжность коммуникационных сетей**

Оценка надёжности коммунальных сетей позволит определить количественные и качественные характеристики резервного питания. Ниже приведённая таблица 1 включает некоторые из характеристик, подлежащие анализу [4].

Характеристика надёжности коммуникационных сетей

Входящие сети	Надёжность
Надземные сети	-
Подземные сети	+
Высоковольтное и низковольтное оборудование по типу использования	0
Высоковольтное и низковольтное оборудование по потребителю	+
Отключение электроснабжения меньше 10 раз в году	0
Отключение электроснабжения больше 10 раз в году	-
Большинство отключений из-за текущего ремонта	-
Большинство отключений из-за погоды	0
Электроснабжение замкнуто на два или более источника	+
Электроснабжение по выделенной сети	0
Электроснабжение по магистральной сети	-
Примечание. Оценка надёжности: (+) предпочтительная характеристика или условие (0) стандартное или типовое (-) нежелательное условие или требующее самого большого объёма резервного питания	

### 2.3. Улучшение качества воздуха, температурной и акустической среды

Улучшения качества воздуха, температурной и акустической среды можно добиться методом эвапотранспирации. Так называют охлаждающий эффект, вызванный ветром и циркуляцией воздуха среди деревьев и прочей растительности. Ландшафтный дизайн вокруг стадиона поможет воспользоваться преимуществами эвапотранспирации, так как в летние месяцы движение воздушных масс среди деревьев рядом с объектом будет приносить прохладу, а зимой те же деревья защитят стадион от господствующих ветров.

Для снижения уровня шума, улучшения состава воздуха, теплового и влажностного режима на территории спорткомплекса создаются специальные посадки. Так, при формировании внешней среды для защиты от загрязнений по периметру земельного участка открытых спортивных сооружений предусматриваются ветро- и пылезащитные полосы древесных и кустарниковых насаждений шириной от 5 м со стороны проездов местного значения и до 10 м со стороны магистральных дорог. На самой территории ширину полосы насаждений по периметру групп открытых спортивных сооружений рекомендуется принимать 3 м. Если открытые спортивные сооружения размещаются в парках, садах и скверах, полоса насаждений вдоль их земельного участка не нормируется. Пример применения эвапотранспирации показан на рис. 5.



Рис. 5. Применение эвапотранспирации (<http://www.marte.com/notizie/al-posto-di-quello-di-zaha-hadid-a-tokyo-faranno-uno-stadio-gigante-di-legno/>) (дата обращения: 24.04.2017)

#### 2.4. Влияние на окружающую среду

Световое загрязнение и нежелательное распространение света подразделяются на две категории: утечка света, то есть распространение светового потока за периметр стадиона, что можно измерить, а также ослепляющее действие, что означает избыточную яркость в поле зрения пешеходов или водителей вне стадиона. Эти факторы играют важную роль в обеспечении безопасности местных жителей, в возможности любоваться тёмным небом, в создании хороших условий их жизни и быта в странах и городах, для которых построены стадионы. Необходимо сделать все возможное для нежелательного распространения светового потока и ослепляющего действия света как внутри, так и снаружи стадиона. Спецификации освещения для новых проектов должны предусматривать использование прожекторов узколучевого светораспределения и высокоэффективных рефлекторов.

Световое загрязнение от стадиона можно рассчитать и измерить. Его значение выражается в величинах горизонтальной освещённости и максимальной вертикальной освещённости. Если они не определяются местными нормативами, следует руководствоваться данными, приведёнными в табл. 2 [4].

Таблица 2

Параметры светового загрязнения от стадиона

Угол освещения	Расстояние от периметра стадиона	величина освещённости
Горизонтальная утечка	50м от периметра стадиона	25 люкс
Горизонтальная утечка	на 200м дальше	10 люкс
Максимум по вертикали	50м от периметра стадиона	40 люкс
Максимум по вертикали	200м от периметра стадиона	20 люкс



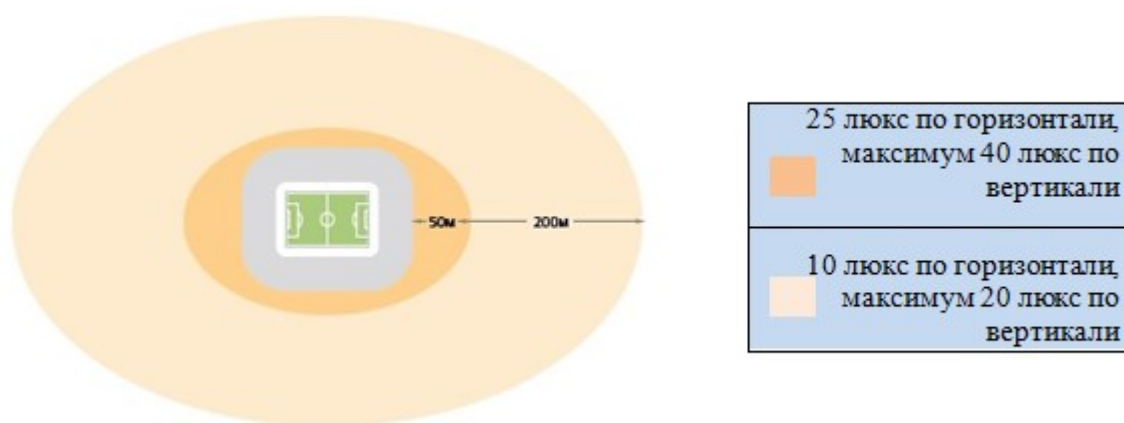


Рис. 6. Влияние на окружающую среду светового загрязнения [4]

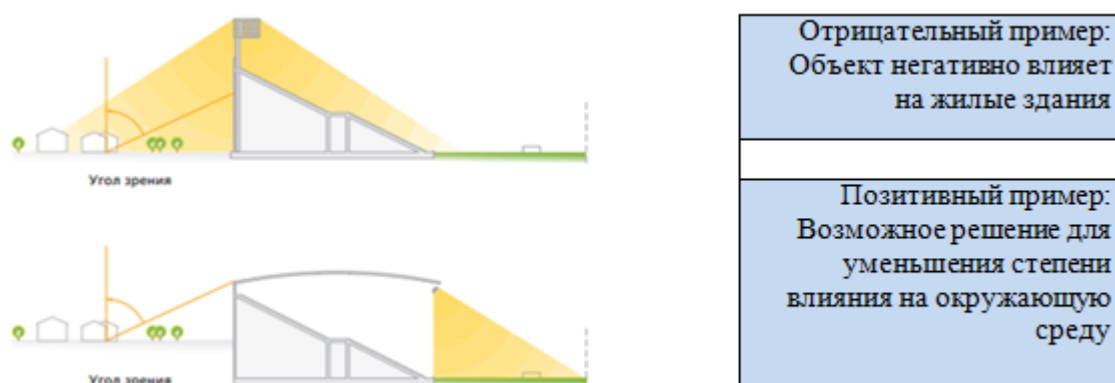


Рис. 7. Возможное решение для уменьшения степени влияния на окружающую среду [4]

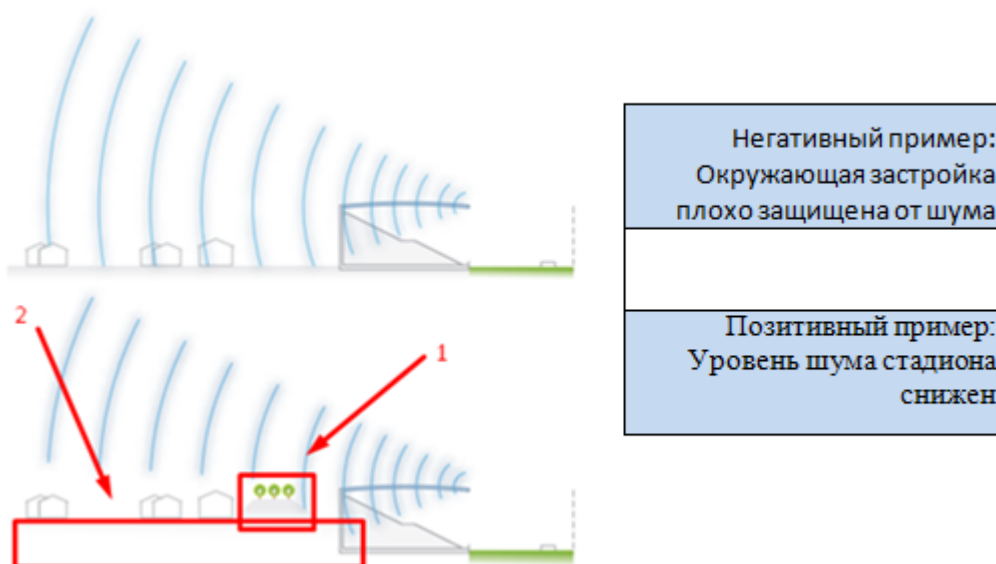


Рис. 8. Возможный вариант снижения коллизии стадиона с окружающей застройкой [4]:

1 – Буферная зона, 2 – заглубление основной части стадиона

Для создания комфортных условий зрителям, важное значение имеет защита от неблагоприятных воздействий наружной среды (дождь, прямые солнечные лучи). При этом следует обеспечить требуемый уровень воздухообмена и наличия естественного освещения. Поэтому требуется грамотное устройство покрытия стадиона. Крыша над зрительскими местами не относится к обязательным требованиям, поэтому каждому застройщику следует сопоставить многочисленные преимущества крыши над стадионом (прежде всего, комфорт и защита от непогоды) со значительными дополнительными расходами, которые связаны с ее возведением.

В северных странах крыши обеспечивают защиту от дождей и ветров, а в южных – от солнца и жары. В определенных условиях хорошим выбором может стать раздвижная крыша. Она позволит пользоваться стадионом в суровых погодных условиях, а также может сделать объект более конкурентоспособным для проведения других мероприятий (например, концертов).

Хороший проект крыши должен принимать в расчет такие факторы, как затенение поля и достаточное дневное освещение. Недостаток солнечного света означает не самые оптимальные условия для газона, снижение срока службы поля и, возможно, дополнительные затраты на дорогие системы искусственного освещения, компенсирующие нехватку дневного света. Кроме того, важно проследить за тем, чтобы крыша и фасад обеспечивали достаточную естественную вентиляцию поля. Если проект препятствует такому проветриванию, могут потребоваться системы искусственной вентиляции, тоже весьма дорогостоящие.

Для обеспечения светового комфорта для зрителей целесообразно использовать светопрозрачные кровли, которые обеспечивают надежную защиту от атмосферных осадков и других неблагоприятных факторов окружающей среды, в том числе от ультрафиолетовых лучей, и одновременно делают пространство открытым и легким. Они могут быть выполнены в виде отдельных наклонных скатов, арок, пирамид, куполов, многоугольников и т.п. преимущество светопропускающей кровли показано на рис. 9.

### **Материалы для светопропускающей кровли**

Для данного типа кровель могут быть использованы следующие материалы.

*Канальный (сотовый) поликарбонат:* представляет собой полые панели, в которых два или более слоя (стенки) соединены продольными ребрами жесткости. Производится в широкой цветовой гамме и различных габаритных размерах. Его преимущества:

- малый удельный вес (в шестнадцать раз меньше, чем стекло, и в три раза меньше, чем акриловые панели аналогичной толщины);



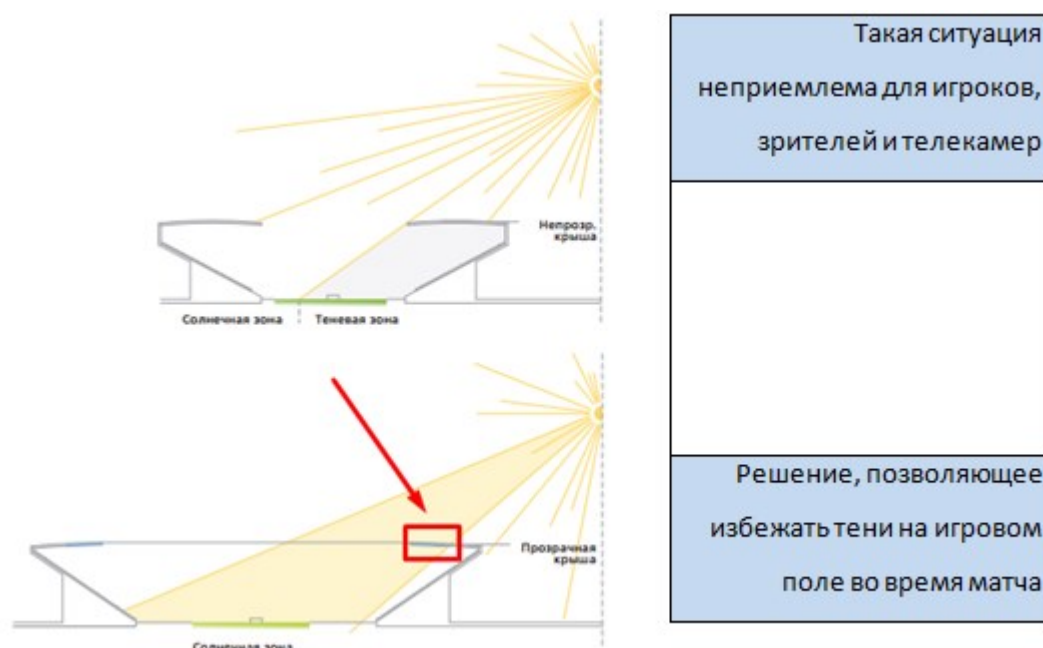


Рис. 9. Преимущество светопропускающей кровли [4]

- высокая прочность (в двести раз прочнее стекла и в восемь раз прочнее акрила);
- гибкость плит и технологичность в использовании;
- высокая светопропускающая способность (до 83–90 %);
- широкий диапазон рабочих температур (от  $-40$  до  $+120^{\circ}\text{C}$ );
- трудногорючий, а также самозатухающий материал;
- долговечность, благодаря защитному слою от УФ;
- экологически безопасен (не выделяет в процессе эксплуатации ядовитых веществ).

*Монолитный поликарбонат:* выделяется среди всех листовых пластиков своей ударопрочностью и широким температурным диапазоном эксплуатации. Его ударопрочность в 250 раз превышает ударопрочность обычного стекла и почти в 40 раз – ударопрочность органического стекла.

Именно поэтому монолитный поликарбонат используется в качестве защитного антивандального остекления прозрачных конструкций, а также для изготовления ударопрочных изделий. Во всем диапазоне температур от  $-100^{\circ}\text{C}$  до  $+120^{\circ}\text{C}$  физико-механические свойства монолитного поликарбоната изменяются незначительно.

Плиты производятся как с защитным слоем, поглощающим УФ-излучение, так и без него. Без специальной защиты монолитный поликарбонат не обладает стойкостью к воздействию УФ-лучей. Поэтому листы, предназначенные для применения на улице, должны иметь защиту от ультрафиолета. Листы монолитного поликарбоната могут быть прозрачными со степенью светопропускания до 90 %, транслюцентными (светорассеивающими) и opakовыми (непрозрачными). Цвет листов определяется в

соответствии с образцами производителей. Специально для изготовления защитных экранов выпускаются листы монолитного поликарбоната с защитным покрытием от нанесения царапин и краски, что позволяет легко удалять вандажные надписи.

*Профилированный ПВХ* (см. рис. 10) (прозрачный шифер) – уникальный светопрозрачный однослойный кровельный материал. Уникальность этого материала заключается в процессе производства, в котором применяется технология «двуосной ориентации», в результате чего приобретает уникальную прочность к ударным и статическим нагрузкам, в том числе при пониженных температурах.

Кроме того, плиты производятся с различным профилем волны: в виде трапеции и волны с различными геометрическими размерами.



Рис. 10. Профилированный ПВХ (<http://astroplastica.ru/elyplast/gallery.php>) (дата обращения: 24.04.2017)

*ЭТФЭ (ETFE)* – это полимерный материал нового поколения, сополимер этилена и тетрафторэтилена. Эти структурные единицы в цепи полимера, придают ему лучшие свойства. Ближайшие к ЭТФЭ материалы, прочно вошедшие в нашу жизнь это – полиэтилен и тефлон (политетрафторэтилен). Основное достоинство полимера – легкость. Он весит в десятки раз меньше стекла. При этом – высокая скорость монтажа и эффектный внешний вид.

Особенностью пленок ЭТФЭ является высокая светопроницаемость в широком диапазоне длин волн, начиная от видимого излучения и заканчивая ультрафиолетом. Это свойство делает ЭТФЭ особенно ценным материалом для строительства оранжерей, научных ботанических центров, зимних садов, спортивных объектов.

Многослойные системы состоят из пневматических мембран-подушек, заключенных в алюминиевые профили и поддерживаемых легкой несущей конструкцией. Чтобы обеспечить должный уровень теплоизоляции и сопротивляемости внешним нагрузкам, в пневмолинзы под низким давлением периодически поступает воздух. Эта технология идеальна для использования в районах с повышенной сейсмической активностью, а также высокими ветровыми и снеговыми нагрузками. Даже при степени деформации в 200-300 % полимер сохраняет свою форму и не разрывается. Воздух между слоями ЭТФЭ, сжимаясь, компенсирует кратковременные нагрузки, уменьшая суммарную нагрузку на под конструкцию здания. Это позволяет проектировать, например, большие открывающиеся вентиляционные проемы без риска деформации и обрушения несущих конструкций.



Рис. 11. Применение ЭТФЭ (<http://www.fansshare.com/focus/allianz/smaller/>) (дата обращения: 25.04.2017)

### **Заключение**

При строительстве нового или капитальной реконструкции действующего стадиона принципиально важная составляющая успешной реализации проекта – это четкое представление о логической последовательности действий в процессе строительства с начала и до конца. В идеале процесс должен быть построен таким образом, чтобы с самого начала строительства в нем могли учитываться и приниматься во внимание самые разнообразные требования.

«Зелёное» здание характеризуется эффективным использованием энергии, ресурсов и ответственным, дружественным отношением к окружающей среде. В таком здании и проектное решение, и строительство, и методы эксплуатации должны исключать или по

крайней мере значительно снижать его негативное влияние на окружающую среду и его обитателей. «Зелёное» строительство даёт возможность эффективно использовать ресурсы и предотвратить изменения климата, одновременно создавая благоприятную для здоровья, продуктивную среду для жизни и работы людей.

### **Библиографический список**

1. Как построить хороший стадион: руководство пользователя. 5-ое издание. ФИФА – FIFA Federation Internationale de Football Association. FIFA-Strasse. Швейцария. 2011 год.
2. Справочник УЕФА по качеству стадионов. Публикация УЕФА (Union of European Football Associations), Ньон, Швейцария. 2011 год.
3. <http://landscape.totalarch.com/node/40> (дата обращения: 18.04.2017)
4. ЗАО «КПИМГ». Футбольные стадионы технические рекомендации и требования. 2013 год.
5. Пикалова М.И. АРХИТЕКТУРА ОЛИМПИЙСКИХ СТАДИОНОВ XXI ВЕКА // Научное сообщество студентов XXI столетия. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ: сб. ст. по мат. X междунар. студ. науч.-практ. конф. № 10. URL: <http://sibac.info/archive/technic/10.pdf> (дата обращения: 23.04.2017)
6. [http://studbooks.net/634809/turizm/sportivnye\\_stadiony\\_mire](http://studbooks.net/634809/turizm/sportivnye_stadiony_mire) (дата обращения: 19.04.2017)
7. <http://www.artplast.by/materialy/svetoprozrachnye-krovelnye-materialy> (дата обращения: 20.04.2017)
8. <http://football-stadiums.ru/other/23-evropa/ispaniya/113-kornelya-el-prat.html> (дата обращения: 22.04.2017)
9. <http://tikinti.org/taiwan%E2%80%99s-solar-stadium-un-estadio-que-funciona-100-con-energia-solar-realmente-espectacular-ecologico-y-sostenible.html> (дата обращения: 22.04.2017)
10. <http://www.marte.com/notizie/al-posto-di-quello-di-zaha-hadid-a-tokyo-faranno-uno-stadio-gigante-di-legno/> (дата обращения: 24.04.2017)
11. <http://astroplastica.ru/elyplast/gallery.php> (дата обращения: 24.04.2017)
12. <http://www.fansshare.com/focus/allianz/smaller/> (дата обращения: 25.04.2017)

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПОКРЫТИЯ КРЫТЫХ СПОРТИВНЫХ АРЕН**

*Бугаев А. Ф.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, bugaevanton@mail.ru

*Чистяков Р. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, chistiakovroma@mail.ru

*Ведищева Ю. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, j.s.vedishcheva@urfu.ru

*Ананьин М. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, m.y.ananin@urfu.ru

**Аннотация.** В современном строительстве все больше возводятся крупные крытые спортивные сооружения вместимостью десятки тысяч зрителей. Важное значение для таких сооружений имеет грамотное инженерное и архитектурное решение перекрытия больших пролетов. В настоящей статье приведен анализ применяемых светопропускающих материалов покрытий спортивных арен. Оценены сильные и слабые стороны этих материалов с позиции их несущей способности, светопропускающих свойств, экологии и безопасности для людей. Показаны эффективность применения полимерных материалов по критериям устойчивого развития.

**Ключевые слова:** покрытия, спортивные арены, устойчивое развитие, безопасность, большепролетные конструкции, светопропускающие материалы.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **THE COVERING OF CLOSED SPORTS ARENS**

*Bugaev A. F.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, bugaevanton@mail.ru

*Chistiakov R. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, chistiakovroma@mail.ru

*Vedishcheva I. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, j.s.vedishcheva@urfu.ru

*Ananin M. Y.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, m.y.ananin@urfu.ru

**Abstract.** In modern construction, large closed sports facilities with seating capacity of tens of thousands viewers are raised. Important for these facilities are a competent engineering and architectural solutions for covering large spans. The analyse of translucent materials used for a sports arenas covering is presented in this paper. The strengths and weaknesses of these materials are estimated with a position of a capacity, translucent properties, ecology and peoples safe. An efficient of using polymers thought criteria of a sustained development is showed.

**Key words:** cover, sport arena, sustained development, safety, long span structure, transparent material

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



Задачи устойчивого развития в целом и энергосбережения в частности набирают все большую актуальность в наши дни. В жилых и общественных зданиях небольшой площади при проектировании по критериям устойчивого развития и энергосбережения особое внимание уделяется системам рекуперации воздуха, эффективному утеплению зданий и использованию возобновляемых источников энергии для отопления, освещения и охлаждения здания. При проектировании же таких объектов, как крытые спортивные арены, в силу особенностей их функционирования и размеров, особое внимание необходимо уделить выбору конструкций объекта. Несущие конструкции большепролетных объектов должны обладать прочностью, жесткостью и устойчивостью, а к ограждающим конструкциям предъявляются дополнительные требования по энергоэффективности и экологичности применяемых материалов с точки зрения их влияния на окружающую среду и здоровье людей, эксплуатирующих это здание.

Целью данной статьи является анализ современных материалов применяемых для покрытия крытых арен.

Процесс строительства и эксплуатации спортивного комплекса всегда влечет большие финансовые затраты, и любой владелец такого объекта заинтересован в их снижении. Кроме того, спортивный комплекс, в отличие от большинства общественных зданий, имеет важное градостроительное и социальное значение для города, региона и даже для страны. Таким образом, к этому объекту предъявляются повышенные требования с точки зрения применяемых технологий и материалов, поэтому при проектировании спортивных комплексов возникает необходимость использования современных инженерных решений, позволяющих сократить затраты на эксплуатацию такого сооружения и оказывать минимальное влияние на окружающую среду и здоровье людей.

Для снижения экономических затрат на подобных объектах разрабатываются различные инженерные решения по уменьшению и оптимизации расходов на освещение, обогрев или кондиционирование помещений и экономию водных ресурсов. К таким решениям можно отнести, например, эффективное освещение – переход с ламп накаливания к более экономичным светодиодам, изготовление новых материалов ограждающих конструкций, разработка новых методик восприятия конструкцией ультрафиолетового и инфракрасного излучений, применение современных конструктивных систем и несущих конструкций для увеличения гибкого безопорного пространства (пролета) сооружения, уменьшение затрат на обслуживание сооружения, снижение морального и физического износа сооружения.

Среди представленных методов по снижению эксплуатационных затрат при обслуживании крытых арен интересен опыт применения новых материалов ограждающих конструкций, в частности – покрытий.

В настоящее время в покрытиях крытых арен используется широкий диапазон применения материалов, начиная с разработок 50–60-х годов прошлого века и заканчивая новыми инновационными материалами. Известные материалы, используемые в покрытиях крытых арен, можно условно разделить на три группы: стеклянное покрытие, поликарбонат и тетрафторэтилен.

Стеклянное покрытие крытых арен представляет собой остекленные вставки между несущими конструкциями и делается двойным: снаружи ставится закаленное стекло, придающее прочностные свойства покрытию, внутри – полотно из триплекса. Данное многослойное стекло из органических и силикатных слоев склеивается между собой специальными полимерными композициями или пленками для удержания осколков в случае их появления. Однако от данной технологии проектировщики и архитекторы, по всей видимости, в скором времени откажутся из-за отсутствия возможности создания сложных форм и высокой материалоемкости несущих конструкций для удержания большой массы стеклянного покрытия.

Сотовый или монолитный поликарбонат разрабатывался специально для светопрозрачных конструкций, и главной предъявляемой к нему, задачей была задача устойчивости к ударным, снеговым, ветровым и другим нагрузкам. В результате материал получил уникальные свойства и характеристики: прозрачность, гибкость и, самое главное, достаточную прочность при малом весе. Важным положительным качеством поликарбоната является его способность принимать форму криволинейных поверхностей. Особенно широко поликарбонат используется в козырьках и покрытиях бассейнов, благодаря особой внутренней структуре, придающей невосприимчивость к влаге и хорошие теплоизоляционные свойства по типу «теплицы». Примером покрытия спортивных сооружений данным материалом можно назвать Афинский Олимпийский стадион (рис. 1).

Особый интерес представляет тетрафторэтилен (ETFE) – новое поколение полимерных материалов, по свойствам сопоставимое со стеклом. Этот материал имеет высокую коррозионную стойкость и прочность в широком диапазоне. ETFE пленка долговечна (заявленный срок службы от производителя порядка 50 лет), обладает высокой прозрачностью и очень легкая по сравнению с конструкциями из стекла [1]. Тетрафторэтилен (ETFE) используется как для небольших строений, так и для большепролетных зданий и сооружений.





Рис. 1. Покрытие Афинского Олимпийского стадиона, Греция [8]

ETFE (сополимер этилена и тетрафторэтилена) изначально был разработан компанией Дюпон более 40 лет назад в качестве инертного материала покрытия для авиационно-космической промышленности [2]. Пленку обычно используют для изоляции электрических проводов в автомобиле, а так же в качестве покрытия для емкостей, в которых перевозят агрессивные жидкости. Тетрафторэтилен обладает высокой стойкостью к действию химических аггессоров и ультрафиолетовому излучению. Первое применение в строительной индустрии состоялось в начале 1980-х годов в Европе после строительства британского центра изучения экологии EdenProject в Корнуолле (Великобритания). Eden воплотила в жизнь три крупных проекта: «Eden-зоопарк» в 1998 году, «Allianz Arena» на Чемпионате Мира в 2006 году по футболу и "Водный куб" на Олимпийских играх в Пекине в 2008 году. Тонкая пленка получила признание и в настоящее время она считается отличным материалом для применения в облицовочных работах, как для кровельного, так и для фасадного строительства.

Несмотря на более низкие прочностные свойства пленки по сравнению с закаленным стеклом (52 МПа и 300 МПа соответственно) [3], ETFE выигрывает своей эластичностью, которая по лабораторным данным достигает 600 процентов в точке разрыва.

Светопропускная способность является неотъемлемой положительной характеристикой материала. Стекло пропускает порядка 60–80 % солнечных лучей, а значит, что здания с остекленными крышами зачастую нуждаются в искусственном освещении даже в дневное время суток. ETFE в случае однослойного покрытия пропускает до 95 % солнечного света, но в то же время, многослойность данной конструкции незначительно снижает этот показатель [4]. Данный материал так же способствует естественному росту травянистых покрытий на спортивных объектах, поскольку задерживает всего лишь 12–17 % ультрафиолетового излучения, благодаря которому происходит фотосинтез [5]. Это свойство материала позволило построить в Новой Зеландии закрытый стадион с дерновым покрытием поля (рис. 2)



Рис. 2. Покрытие стадиона Форсайт Барр в городе Данидин, Новая Зеландия [9]

Под воздействием окружающей среды, находясь на солнце в течение длительного времени, ETFE не начинает желтеть и мутнеть по сравнению с обычным пластиком. Помимо этого ETFE более устойчив к разным агрессивным средам, например, к морской воде.

Известны конструктивные решения покрытия, выполненные с использованием этого материала, которые устраиваются многослойными с прослойкой воздуха между слоями материала. Таким образом, получается конструкция, по форме напоминающая «подушку», которая, помимо прочих положительных качеств, создает эффект легкости и воздушности наружного ограждения [5]. Благодаря тому, что в таком случае ETFE-конструкции устраиваются многослойными, они характеризуются способностью отлично поглощать



внутренний шум здания и подавлять эффект эха лучше чем покрытия с оболочками, выполненными из поликарбонатного или силикатного стекла. Также появляется возможность посредством управления степенью надува «подушки» управлять уровнем внешнего шума. Однако для спортивных объектов данная характеристика может являться недостатком, нежели достоинством, так как многие стадионы, например «Уэмбли», знамениты таким особым «гулом», что при реконструкции инженеры прилагают все усилия, чтобы не потерять эти оригинальные акустические свойства [6].

Минимальное количество слоев материала в «подушках» – два. Чем больше слоев материала в пневматической мембранной системе, тем больше ее сопротивление теплопередаче по аналогии со стеклопакетом. Однако в отличие от стеклопакетов эффективная площадь теплоотдачи может регулироваться за счет изменения площади «подушек». Затраты электроэнергии на компрессорную установку для поддержания избыточного давления воздуха составляют всего лишь 100 Вт на 1000 м<sup>2</sup> поверхности оболочки. Таким образом, данная технология эффективна для создания оптимального микроклимата в крытых спортивных сооружениях, например, плавательный комплекс «Водяной куб» в Пекине (рис. 3).



Рис. 3. Покрытие плавательного центра в Пекине «Водяной куб», Китай [10]

В случае пожара в мембране образуются большие отверстия, через которые продукты горения улетучиваются и, как следствие, температура в зоне горения резко уменьшается. Возможен вариант, когда в больших конструкциях сверху, непосредственно под пленкой, протягиваются электрические провода, которые при срабатывании пожарной сигнализации подвергаются принудительному нагреву для разрезания мембраны [5]. ETFE не

распространяет пламя по поверхности, плавится полимер при 275°C, но в отличие от поликарбоната не образует при этом капель, вызывающих ожоги, что соответствует нормам пожарной безопасности для объектов с массовым скоплением людей [7].

ETFE пленка весит 175 г/м<sup>2</sup> при толщине 100 мкм, а это в десятки раз меньше веса стекла, что позволяет устраивать гораздо большие пролеты, чем с применением классических конструкций. Прямоугольная подушка может достигать ширину около 4 м, а длина, теоретически, не ограничена [7]. В стадионе Куаутемок в Мексике при реконструкции и замене стекла полимером вес несущих конструкций снизился 4000 тонн до 1500 тонн.

Пленка ETFE имеет низкие адгезионные свойства и высокую гладкость по аналогии с тефлоном вследствие отсутствия микропор и наличия высокого коэффициента поверхностного натяжения, поэтому она не загрязняется даже, если объект располагается в промышленной зоне с повышенной концентрацией твердых частиц в воздухе, потому что неблагоприятные осадки смываются дождем. Тем не менее, необходимо устраивать ежегодную проверку на предмет возможных повреждений, чтобы предотвратить дальнейшие проблемы.

Анализ проектных решений современных спортивных арен показал, что наблюдается отход от стекла в сторону все большего использования полимерных светопропускающих материалов, обладающих малой массой, гибкостью формообразования и безопасностью, что соответствует критериям устойчивого развития.

### Библиографический список

1. Мороз А. А. Преимущество новейшего полимерного материала – пленки ETFE // Окна. Кровля. Фасады. – 2015. – №1. – С. 26..30.
2. Стефан Ленерт. Возможности применения ЭТФЭ безграничны // Кровли. – 2009. - №1
3. ГОСТ 30698-2014. Стекло закаленное. Технические условия
4. Князева В. П. Экологические основы выбора материалов в архитектурном проектировании / Князева В.П.: Учеб. Пособие. – М.: «Архитектура-С», 2015. – 432 с.
5. ETFE: прозрачный, гибкий, прочный // Здания высоких технологий. Sustainable buildings technologies. – 2013. – №3 – С. 98..102
6. Белостоцкая, С. Ю. Стадион «Уэмбли» // Композит XXI века. - 2007. - №10. – С. 76..79.
7. Мороз А. А. Мягкая сила. Мембранные технологии в архитектуре и строительстве // Современная архитектура. – 2015. – №8. – С. 130..139
8. Стадионы света [Электронный ресурс] <http://rappru/stadiony-sveta/> (дата обращения: 04.05.2017г.)
9. Стадионы регбийного ЧМ-2011 [Электронный ресурс] [http://stadiums.at.ua/publ/new\\_zealand/43-1-0-188](http://stadiums.at.ua/publ/new_zealand/43-1-0-188) (дата обращения: 04.05.2017г.)
10. Водяной куб – Национальный плавательный центр в Пекине [Электронный ресурс] <http://techvesti.ru/node/815> (дата обращения: 04.05.2017г.)

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **МЕТОДИКА РЕАБИЛИТАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕРРИТОРИЙ ГОРОДОВ**

*Быстрова Т. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, taby27@yandex.ru

*Ларионова В. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, viola-larionova@yandex.ru

**Аннотация.** В статье приводится разработанная и апробированная авторами комплексная методика реабилитации промышленных территорий городов на основе архитектурно-градостроительной деятельности. Приведены основные этапы и порядок действий, учитывающие изменения состояния и статуса реабилитируемой территории. Показаны результаты апробации методики на примере здания историко-архитектурного наследия – мельницы Борчанинова-Первушина в Екатеринбурге.

**Ключевые слова:** реабилитация промышленной территории, промышленная территория, методика реабилитации, комплексная методика, мельница Борчанинова-Первушина.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **METHODOLOGY FOR REHABILITATION OF URBAN INDUSTRIAL AREAS**

*Bystrova T. J.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, taby27@yandex.ru

*Larionova V. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, viola-larionova@yandex.ru

**Abstract.** The authors describe a methodology for rehabilitation of urban industrial areas on the basis of the urban planning activity, which had been developed and tested by them. The article presents main stages and the action procedure, which take into account the changes of state and status of the area to be rehabilitated. Description is made of the results of testing the methodology through the example of the Borchaninov-Pervushin Mill in Ekaterinburg – the building belonging to the historical and architectural heritage.

**Key words:** Industrial area rehabilitation, industrial area, methodology for rehabilitation, complex methodology, Borchaninov-Pervushin Mill.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

### Постановка проблемы

По мере переноса промышленных предприятий и элементов транспортной инфраструктуры за границы постиндустриальных городов встает вопрос о путях изменения состояния нарушенных или реновируемых территорий [1–5]. Промышленная территория не тождественна природному ландшафту, над ее формированием уже работали специалисты. Поэтому она содержит определенный ресурс, делающий возможным изменение функциональных и эстетических характеристик. Будучи заброшенной, она становится фактором риска, снижает качество городской среды, негативно влияет на уровень жизни. Поэтому в последние десятилетия урбанисты, архитекторы, девелоперы разрабатывают проекты новых городских зон с учетом свойств подобных территорий. На этом пути они сталкиваются с необходимостью гибкой всесторонней методики действий.

### Разработанность проблемы

Наиболее полно вопросы исследования разработаны в трудах урбанистов (Ч. Лэндри, В. Рыбчинский, Р. Колхас, Д. Брук, В. Аузан); экологов (И. В. Ивашкина, Т. И. Королева, Ю. П. Калиновская, В. Г. Калыгин, др.); экономистов (Е. Г. Анимица, Ю. В. Овсиенко, Р. Р. Мавлютов, М. В. Лукьяница, Л. Н. Чижо, др.) и представителей ландшафтной архитектуры (К. Янг, В. Л. Глазычев, Л. Н. Авдоткин, А. П. Вергунов, М. Ф. Денисов, К. В. Лазарев, С. С. Ожегов, О. Н. Воронина, Г. В. Есаулов, Г. В. Миц, В. А. Нефедов, Н. А. Унагаева и др.). Анализ теоретических источников по ландшафтной архитектуре позволяет характеризовать ее как ведущее направление деятельности по реабилитации промышленных территорий городов, поскольку за последние 10–15 лет она превратилась в художественной деятельности с использованием природных выразительных средств в методологический подход, посредством которого осуществляется парадигмальное, мультисистемное осмысление проблем городов и территорий с позиций синтеза природного, урбанистического («вторая природа») и человеческого начал. Это же подтверждается наиболее успешными проектами (в частности, парка Эмшер, Рур, ФРГ).

Методологическими основаниями предлагаемой методики реабилитации промышленных территорий городов являются идеи Э. Говарда о многофункциональности городов; Дж. Джекобс о городе для горожан; К. Александера о паттернах проектирования.

### Дискуссия

При разработке методики мы руководствовались четырьмя основными принципами, определенными в ходе анализа имеющегося опыта реабилитации промышленных и транспортных территорий городов. Во-первых, мы старались избегать какого-либо одного

приоритета с точки зрения «профилизации» проекта. Ранее нами доказано [6], что архитектурный [7; пример комплекса газгольдеров в Вене, австрия, арх. Coop-Himmelb(l)au, Manfred Wehdorn, Wilhelm Holzbauer и Jean Nouvel], эколого-экономический [8], маркетингово-урбанистический [9; 10; пример территории фабрики «Красный Октябрь», завода «Арма» в Москве, др.] подходы обладают известной узостью, не учитывают всех обстоятельств действий по реабилитации либо неправомерно упрощают их. Поэтому наша методика имеет комплексный междисциплинарный характер. Во-вторых, учитывалось, что действия по реабилитации промышленной территории происходят в городах, каждый из которых представляет собой живую открытую многоуровневую систему, куда может и должна вписаться реабилитируемая территория. Далее, в соответствии с концепцией устойчивого развития, использовались принципы гео- и антропоэквивалентности. Первое предполагает соответствие создаваемого человеком культурного ландшафта существовавшему на его месте естественному. Второе требует от решения соответствия антропометрическим, психологическим и другим параметрам. Сверхзадачей проекта в случае использования данной методики является достижение уровня социальной и экологической реабилитации территории, которое делает возможным ее интеграцию в существующую городскую среду, притом, с учетом динамики самих городов.

Внешняя граница методики задается Концепцией устойчивого развития. Устойчивое развитие понимается специалистами как развитие, которое отвечает современным потребностям и не создает угроз возможностям будущих поколений удовлетворять их потребности [11]. Экономический аспект Концепции устойчивого развития подразумевает оптимальное использование ограниченных ресурсов и использование экологичных природо-, энерго- и материалосберегающих технологий, включая добычу и переработку сырья, создание экологически приемлемой продукции, минимизацию, переработку и уничтожение отходов [12]. Уточнение внутренних параметров методики происходит на основе сравнительного анализа понятий «реабилитация», «ревитализация», «конверсия» (Г. В. Миц), «реновация» (М. Андреев, Е. В. Асс, Н. В. Токарев). Реабилитация промышленной территории города понимается нами как долгосрочный процесс, синтезирующий такие направления, как:

- развитие существующего потенциала промышленной территории как составной части конкретного города, включающее анализ исторической ретроспективы;
- полная или частичная функциональная трансформация промышленных объектов и пространств, связанная с требованием преодоления монотонности и монопрофильности;
- экологическая реабилитация территории;
- гуманизация пространства как следствие учета образа жизни горожан;



- эстетическое и стилевое разнообразие пространства;
- формирование или интенсификация визуальных, транспортных и других коммуникаций и смысловых связей с городским окружением.

Подчеркнем, что только наличие всех этих направлений, пусть и в различных масштабах, дает основания обозначать деятельность как реабилитационную. Названные выше аспекты реабилитации соотносятся с приоритетными задачами, зафиксированными в программах развития городов, и корректируются ими. Если город ставит задачу стать ресурсосберегающим, как, к примеру, Портленд в США или Фрайбург в Германии, то пропорции функциональности, экологизма, гуманизации и т.д. будут одними, а если в центре внимания находится брендинг территории и развитие туристической сферы, как, к примеру, в крупных городах современной Бразилии, то совсем другими. Так проектный подход становится более гибким, адаптируемым к конкретному городу.

Этапы методики представлены в таблице 1.

Таблица 1

**Методика реабилитации промышленных территорий городов**

<b>Мероприятия</b>	<b>Приоритеты в модели территории</b>	<b>Решаемые задачи</b>
Этап 1. Качественно-количественный комплексный архитектурно-ландшафтный анализ окружающей городской среды (и реабилитируемой территории как ее части)	Субъект – промышленная реабилитируемая территория как элемент города	1.1. – 1.9. Определение урбанистического потенциала реабилитируемой территории с учетом потребностей разных групп горожан и стратегии городского развития и показателей Path dependence.
Этап 2. Экономико-хозяйственный анализ промышленной территории	Реабилитируемая территория как хозяйственно-экономический субъект	2.1. – 2.4. Выбор варианта сохранения промышленной функции в том или ином виде; оценка возможности социальной или экономической кластеризации территории.
Этап 3. Архитектурно-ландшафтный анализ природных характеристик реабилитируемой промышленной территории	Промышленная реабилитируемая территория как природное и преобразуемое пространство для жизни	3.1. – 3.10. Определение количественные и качественные параметры присутствия и развития природных компонентов реабилитируемой территории на основе знания законов развития и организации архитектурно-ландшафтных систем, в том числе с учетом действий по поддержанию «устойчивого» состояния сообщества горожан и других акторов процесса.
Этап 4. Этап принятия стратегических решений	Реабилитируемая территория как пространство динамического равновесия	4.1. – 4.3. Создать многоуровневую модель промышленной реабилитируемой территории как открытой системы, продумать взаимодействие ее подсистем, руководствуясь необходимостью достижения баланса между

Мероприятия	Приоритеты в модели территории	Решаемые задачи
	природных и антропогенных составляющих	внешними и внутренними факторами.
Этап 5. Моделирование территории как природно-антропогенного устойчивого объекта	Реабилитируемая промышленная территория как проектируемая специалистами система жизнедеятельности	5.1. – 5.7. Проектные действия, моделирование, проверка гипотез
Этап 6. Архитектурно-ландшафтное проектирование и действия по реализации проекта	Реабилитируемая промышленная территория как продукт проектно-творческой деятельности ландшафтных архитекторов	6.1. – 6.5. Проектные действия, конкретизация решений по отдельным зонам и элементам реабилитируемой территории.
Этап 7. Ревитализация и кластеризация территории	Территория как формируемое устойчивое целое, интегрируемое в пространство города	7.1. – 7.7. Действия по достижению интеграции территории в пространство города и наращиванию ее потенциала.

Нередко помимо организационных, юридических и экономических проблем, связанных с освоением промышленных территорий, одним из существенных ограничений, присущих некоторым старым производственным площадкам, является наличие на них объектов культурного наследия – памятников промышленной архитектуры, построенных еще в XIX–XX веках. Примером такого объекта служит комплекс мельницы Борчанинова-Первушина (рис. 1), расположенный в центре г. Екатеринбурга на одной из главных магистралей города ул. Челюскинцев в пределах визуальной близости к «воротам города» – Центральному железнодорожному вокзалу. Мельница представляет собой объект культурного наследия регионального уровня, обладающий историко-архитектурной, художественной, научной и мемориальной ценностью. Она является элементом, участвующим в формировании градостроительного ансамбля площади железнодорожного вокзала. Ежедневно около 100 тыс. пассажиров, прибывающих в Екатеринбург, имеют возможность увидеть этот памятник своими глазами (см. рис. 2). Однако уже более 10 лет объект находится в аварийном состоянии и законсервирован на неопределенное время.



Рис. 1. Мельница Борчанинова. Литография. Начало XX века



Рис. 2. Мельница Борчанинова-Первушина. Современное состояние

В соответствии с Генеральным планом развития г. Екатеринбурга на период до 2025 года земельный участок площадью 1,7 га относится к зоне общественной и жилой застройки с повышенными архитектурно-художественными требованиями. В связи с этим наряду с задачей реабилитации промышленной территории перед девелопером стоит задача сохранения исторической ценности данного объекта для горожан и гостей города, поиска

компромисса между "современностью" и "историей" в части формировании единой архитектурной концепции комплекса.

Специфика территорий с расположенными на них объектами культурного наследия обязывает уже на этапе комплексного архитектурно-ландшафтного анализа (этап 1 Методики) обращать внимание на возникающие требования по проведению в соответствии с действующим законодательством и градостроительными нормами комплекса работ по реконструкции и приспособлению для современного использования объекта культурного наследия. Основным документом, регламентирующим данную деятельность, является Федеральный закон «Об объектах культурного наследия (памятниках истории и культуры) народов Российской Федерации» от 25.06.2002 г. № 73-ФЗ. По материалам охранного зонирования г. Екатеринбурга земельный участок под комплексом мельницы Борчанинова-Первушина принадлежит зоне особого режима градостроительной деятельности "Екатеринбург Исторический".

Экономико-хозяйственный анализ бывшей промышленной территории (этап 2 Методики) показывает, что объект находится на завершающей стадии «потребления» жизненного цикла объекта недвижимости и имеет неустранимый функциональный износ как промышленный объект, то есть не подлежит восстановлению. С точки зрения развития природных компонентов реабилитируемой территории (этап 3 Методики) важным аспектом данной проблемы является отсутствие в ближайшем окружении природных парков и мест отдыха горожан. Кроме того, экологическая ситуация в рассматриваемом районе г. Екатеринбурга не представляется благоприятной вследствие интенсивного транспортного потока как автомобильного, так и железнодорожного транспорта. Это обстоятельство диктует необходимость развития природного ландшафта реабилитируемой территории с организацией рекреационных зон для жителей близлежащих жилых домов и гостей Екатеринбурга.

Из предложенных девелоперами проектов развития рассматриваемой территории ни один не удовлетворяет требованиям, сформулированным на предыдущих этапах методики. В связи с серьезным обременением инвестиционно-строительного проекта в части проведения необходимой реконструкции, реставрации и приспособления объекта культурного наследия для современного использования, девелоперы вынуждены с целью максимизации прибыли предлагать проекты строительства многоэтажных (от 12 до 36 этажей) жилых комплексов как наиболее рентабельных и быстро окупаемых девелоперских проектов. В самом здании мельницы предлагается разместить многофункциональный административно-торговый центр с предприятиями общественного питания, офисными площадями и апартаментами. Однако ни один из проектов не получил положительного заключения экспертов и не удовлетворил



градостроительным нормам и требованиям нормативных документов по охране объектов культурного наследия. В связи с этим вопрос принятия стратегического решения (этап 4 Методики) по реабилитации старой промышленной территории под комплексом мельницы Борчанинова-Первушина до сих пор остается актуальным.

В сложившейся ситуации имеет смысл сделать шаг назад и обратиться к общественному и экспертному мнению жителей Екатеринбурга, которые формулируют свое видение будущего города и стратегии его пространственного развития [13]. Среди основных ценностей общественность выделяет, прежде всего, экологичность среды проживания, развитость инфраструктуры, создание общественных пространств и объектов культурного назначения, а также экономических условий для развития бизнеса. Вес этих качественных показателей при моделировании различных проектных решений по реабилитации (этап 5 Методики) территорий должен быть высок по сравнению с экономическими показателями эффективности проектов. Метод имитационного моделирования девелоперских проектов [14] позволяет выбрать наиболее взвешенное решение, учитывающее интересы всех субъектов пространственного развития города, а также обосновать его с точки зрения приоритетов устойчивого развития территории.

Это позволит привлечь инвестиции, при необходимости на условиях частно-государственного партнерства, для реализации проектных действий и конкретизации решений по отдельным зонам и элементам реабилитируемой территории (этап 6 Методики).

В итоге реализации проекта по реабилитации промышленной территории действия по достижению ее интеграции в пространство города Екатеринбурга и наращиванию ее потенциала (этап 7 Методики) могут оцениваться по показателям качества жизни, которые сегодня используют экономисты разных стран мира. На одном из первых мест в списке критериев находится показатель «счастье» (Р. Флорида), определяемый не только субъективными переживаниями человека, но и антропоэквивалентность среды его обитания.

### **Заключение**

Разработанная нами методика реабилитации промышленных территорий, в том числе включающих в себя объекты историко-архитектурного наследия, предполагает экологическое, функциональное, смысловое включение территории во все процессы городской жизни. Ведущую роль в ее реализации играют инструменты ландшафтной и устойчивой архитектуры, способствующие достижению достойного качества жизни горожан. Реабилитация понимается нами как долгосрочный процесс функционального и смыслового "возвращения" территории городу как субъекту экономической и социальной жизни.

Особое внимание уделяется комплексу внутренних и внешних связей отдельных элементов территории со всеми процессами города: в проектной деятельности по развитию территории ее нельзя представлять как анклав или как монофункциональное образование. Напротив, экологические, функциональные, социально-культурные параметры территории определяются потребностями города в целом. Действия по реабилитации должны быть последовательными и учитывать состояние природных, технических, социальных составляющих.

Апробация методики реабилитации промышленных территорий в проектной девелоперской деятельности по реабилитации территории мельницы Борчанинова-Первушина в Екатеринбурге подтверждает ее возможности.

### Благодарности

Исследование выполнено в рамках поддержанного РФФИ научного проекта № 17-22-07001 «Комплексный алгоритм культуральной регенерации малых индустриальных городов в контексте агломерационных процессов России и Европы» при софинансировании по Постановлению № 211 Правительства Российской Федерации, контракт № 02.A03.21.0006.

### Библиографический список

1. Basque U. Revitalisierung innerstadischer Brachen am Fluss. Dresden: Diplomica Verlag, 2009. 123 S.
2. Forrester Jay W. Urban Dynamics. Pegasus Communications, Inc. Waltham. 1999. 300 p.
3. Николаевская И. А. Благоустройство городов. М.: Высшая школа, 1990. 160 с.
4. Хегберг А. Трансформация индустриального наследия: достоинства и недостатки (Культурное наследие: новый взгляд на теорию и практику) // Музей. 2012. № 9. С. 38–46.
5. Город XXI века: управление развитием. Коллективная монография / науч. ред. Т. Ю. Быстрова. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2014. 241 с.
6. Быстрова Т. Ю. Реабилитация промышленных территорий городов: теоретические предпосылки, проектные направления (Ч. 1, 2) // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2013. № 3. С. 21–25; № 4. С. 21–26.
7. Вахитов Т. Р. Проблема реабилитации промышленных предприятий в структуре г. Екатеринбурга [Эл. ресурс] URL: [http://archvuz.ru/magazine/Numbers/2005\\_02/template\\_article?ar=K01-20/k14](http://archvuz.ru/magazine/Numbers/2005_02/template_article?ar=K01-20/k14)
8. Котлярова Е. В. Совершенствование методики эколого-экономической оценки состояния территорий промышленных зон и обоснования природоохранных мероприятий. Ростов-на-Дону, 2013. Дисс. канд. эк.н.
9. Панкрухин А.П. Маркетинг территорий // М.: Изд. РАГС, 2002. 328 с.
10. Рыбчинский В. Городской конструктор: идеи и города // М.: Strelka Press, 2014. 220 с.
11. Буркова Л.Н. Экологические права человека в Российской Федерации (конституционно-правовые вопросы) / Л. Н. Буркова, Н. М. Чепурнова. М.: Юрист, 2006. 181 с.
12. Реймерс Н. Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология. М.: ИЦ «Россия Молодая», 1992. 367 с.
13. 100 мыслей об Екатеринбурге. Сборник эссе / Под редакцией Т. Абдуллаева и В. Гуниной. Екатеринбург: Татлин, 2016. 325 с.

14. Быстрова Т.Ю., Ларионова В.А., Жилин С.С. Проектный инструментарий девелопмента как технология регионального развития // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. 2016. № 1. С.26-31.



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ОБСЛУЖИВАНИЯ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

*Гальянова И. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [galianova.irina@yandex.ru](mailto:galianova.irina@yandex.ru)

*Уткина М. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [utkina995@bk.ru](mailto:utkina995@bk.ru)

*Ведищева Ю. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [j.s.vedishcheva@urfu.ru](mailto:j.s.vedishcheva@urfu.ru)

*Ананьин М. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [m.y.ananin@urfu.ru](mailto:m.y.ananin@urfu.ru)

**Аннотация.** В статье представлен анализ существующих фасадных систем высотных зданий. Подробно рассмотрены каркасы светопрозрачных фасадных систем, использующихся при проектировании фасадов высотных зданий: структурное, полуструктурное, стоечно-ригельное, спайдерное и вантовое остекление. Приведен анализ существующих светопрозрачных конструкций, выявлены возможные опасные факторы применения этих систем, например, опасность травмирования людей и животных при внезапном разрушении фасадной конструкции вследствие превышения проектных нагрузок, возможных террористических действий или пожаров. Рассмотрены проблемы безопасности птиц, как экосистемы города, возникающие при строительстве зданий с большой площадью светопрозрачных конструкций. Рассмотрены проблемы, с которыми могут столкнуться специалисты при проектировании фасадных систем высотных зданий. Затронуты вопросы возможности безопасной очистки

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

и ремонта фасадных конструкций высотных зданий. Предложены варианты решения этих проблем.

**Ключевые слова:** высотные здания, фасады, фасадные системы, остекленные фасады, безопасность строительных систем, ограждающие конструкции, энергосбережение, ограждающие конструкции зданий, фасадные системы.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **THE ISSUES OF DESIGNING AND FACADE SYSTEMS MAINTENANCE OF HIGH-RISE BUILDINGS**

*Galyanova I. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, galianova.irina@yandex.ru

*Utkina M. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, utkina995@bk.ru

*Vedishcheva I. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, j.s.vedishcheva@urfu.ru

*Ananin M. Y.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, m.y.ananin@urfu.ru

**Abstract.** The paper presents of analyse of existing facade systems. Frames of translucent facade systems used in a design of high-rise buildings are considered in detail: structural, semi-structural, column-beam, spider and cable-stayed glaze facade systems. The analyse of existing translucent construction is given, possible dangerous factors of using this systems are fined, for example, a dangerous of getting injured of people and animals when a facade system is destroyed suddenly due to exceeding design loads or possible terrorist activities or fires. Issues of bird's safety such us a urban ecosystem arising from construction of building with a large area of translucent structures are considered. Problems with which experts may have when they will design facade systems of high-rise buildings are considered. Issues of possibility of safe cleaning and maintenance of high-rise buildings facades are touched upon. The variants of solver of these problems were offered.

**Key words:** skyscraper, facade, elevation, glass facade, safety of building systems, envelope building, energy saving, building envelope, facade systems.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В современном мире возведено и эксплуатируется большое количество высотных зданий с уникальными фасадными системами. Имея вертикальный объем, оригинальные формы и силуэт, высотные здания играют значительную роль в визуальном восприятии городской застройки.

Цель данной статьи заключается в анализе существующих фасадных систем высотных зданий, в выявлении сложностей, с которыми сталкиваются специалисты при проектировании стеклянных фасадов высотных зданий, и в предложениях по повышению безопасности фасадных конструкций высотных зданий.

Высотные здания всегда выделялись среди городской застройки не только своими размерами, но и оригинальностью фасада. Зачастую, принимая решение о строительстве высотного здания, заказчик прежде всего думает о имиджевой составляющей проекта. Таким образом, стремясь повысить выразительность здания и его архитектурно-художественную привлекательность, проектировщики создают здания со сложными фасадными конструкциями, имеющими большую площадь остекления, сложную форму и нестандартные конструктивные решения. Все это влечет за собой возрастающую опасность разрушения таких конструкций. При этом в нашей стране существует известная проблема с отсутствием нормативной базы в области регулирования проектирования и строительства высотных зданий [1]. Высотные здания в России часто возводятся с использованием консультаций зарубежных специалистов, но при этом отечественные строительные компании самостоятельно разрабатывают технические условия для выполнения проектов надлежащего качества. Что может привести к снижению надежности и безопасности конструкций.

Первое, что необходимо помнить при проектировании конструкций зданий и сооружений – безопасность людей, находящихся в здании и рядом с ним. Фасадные системы высотных зданий представляют большую опасность, нежели фасады зданий, имеющих меньшую высоту. Эта опасность связана, в первую очередь, с большей площадью рассеивания элементов конструкций в случае их обрушения.

Кроме того, фасадные конструкции высотного здания в процессе эксплуатации испытывают сложный комплекс силовых воздействий в сравнении со зданиями меньшей этажности. Возвышаясь над существующей городской застройкой, высотное здание испытывает значительные ветровые пульсационные нагрузки, которые, в первую очередь, воспринимаются фасадными системами: остеклением и элементами крепления этого остекления к несущим конструкциям здания [2].

Кроме того, не защищенные окружающей застройкой от прямых солнечных лучей, фасадные конструкции высотных зданий воспринимают значительные температурные напряжения: нагреваясь в течение светового дня и охлаждаясь в ночные часы. При этом

фасад здания должен являться защитой от воздействий внешних погодных условий. Сюда относится защита от чрезмерного перегрева помещений летом и от охлаждения в холодные месяцы.

Являясь уникальным инженерным сооружением с большим количеством прибывающих внутри него людей, высотное здание представляет собой скрытую угрозу с точки зрения терроризма. Обрушение такого здания или даже части его влечет за собой гибель большого числа людей – не только находящихся внутри этого здания, но и на улице рядом с ним, а также в зданиях, расположенных по соседству. Поэтому вопросам антитеррористической безопасности высотных зданий и способности их несущих конструкций здания выдерживать ударную волну и высокие температуры уделяется большое внимание. При этом нельзя забывать об опасности, которую скрывают в себе фасадные системы высотных зданий в случае пожара. Большинство современных высотных зданий имеют стеклянный фасад. А именно этот материал при разрушении наиболее опасен для людей, находящихся рядом со зданием, в сравнении с традиционными штукатурными фасадами, либо фасадами с облицовкой из искусственного или натурального камня. Стекло имеет меньший предел огнестойкости в сравнении с оштукатуренным фасадом или фасадом с облицовкой каменными материалами. При воздействии высоких температур либо ударных нагрузок стекло разрушается, разлетаясь на большие расстояния осколками, которые могут нанести серьезный вред здоровью и жизни людей, находящихся в этот момент рядом со стеклянным ограждением.

Как правило, светопрозрачные фасадные системы представляют собой конструкцию, выполненную из строительных профилей и светопрозрачных элементов. Выбор материала профилей достаточно ограничен, так как элементы фасадных конструкций воспринимают значительные по величине ветровые нагрузки, собственный вес заполнения и температурные напряжения.

Широкое применение нашли алюминиевые профили, имеющие высокую механическую прочность при малой плотности, высокую теплопроводность и коррозионную стойкость. Алюминий – материал легкий и прочный, владеет хорошей обрабатываемостью и пластичностью, а фасадные системы из него получаются надежными и долговечными.

Что касается стекла, то его применение значительно расширило возможности фасадных систем для архитекторов и конструкторов, но при устройстве больших остекленных поверхностей в высотных зданиях возникает необходимость решения сложных инженерных задач. Ведь фасадные стёкла должны иметь повышенную прочность, защищать здание от перегрева летом, снижать теплопотери зимой, владеть повышенной

звукоизоляции [4]. Системы фасадного остекления – это, в первую очередь, защита от воздействий внешних погодных условий.

Фасадное остекление имеет несколько вариантов исполнений. Оно может представлять собой конструкцию, размеры которой ограничены размерами проема, но чаще всего специалисты по фасадным системам в строительстве высоток используют навесной вентилируемый фасад, где остекление проходит по внешней стороне здания, минуя проемы. Такая конструкция представляет собой прозрачную оболочку, которая навешивается на несущие элементы здания и монтируется с зазором между внешней стеной и стеклянной поверхностью [5].

Существующие системы остекления фасадов высотных зданий можно разделить на структурное, полуструктурное, стоечно-ригельное, спайдерное и вантовое остекление.

В случае структурного и полуструктурного остекления стеклянные панели крепятся к каркасу с помощью силиконового герметика и прижимных планок, что позволяет добиться эффекта сплошной остекленной поверхности. В данных системах стеклопакет состоит, как правило, из двух стекло, причем внутренне стекло по площади меньше наружного, что позволяет приклеить с помощью герметика наружное стекло к каркасу. В некоторых случаях места стыка стекло закрываются накладными крышками и декоративными планками, идущими по ригелям и стойкам каркаса, тогда такое остекление называется полуструктурным. Данная система остекления является одной из самых технически сложных систем, требующих высокого качества монтажных работ. Кроме того, при использовании ее в климатических районах средней полосы, необходимо учитывать значительные перепады температур наружного воздуха и использовать герметик, способный работать как при отрицательных температурах наружного воздуха, так и в летние месяцы при больших температурах нагрева фасада.

Стойечно-ригельное остекление представляет собой алюминиевый каркас, выполненный из стоек и ригелей, внешний прижимной профиль и зажатое между ними стекло и является на сегодняшний день одним из самых безопасных типов остекления фасадов здания.

Система модульного остекления состоит из отдельных модулей – каркас и стекло, доставляемых на строительную площадку в готовом виде, с последующей сборкой по типу конструктора. Данная система позволяет монтировать фасадные конструкции в любое время года и является самой простой с точки зрения монтажа конструкций.

Спайдерное и вантовое остекление – системы, не имеющие профилей для крепления стекла, которые дают возможность установить остекление большой площади с минимальным присутствием несущих элементов на фасаде. Данные системы являются самыми

небезопасными вследствие малого опыта применения таких конструкций и повышенной износостойкости несущих элементов.

С помощью современных фасадных систем у архитекторов появляется возможность реализовать светопрозрачные сооружения самых разных геометрических форм, что позволяет получить необычный запоминающийся облик.

Вторым компонентом фасадных светопрозрачных систем является стекло. Сегодня строительной науке известны различные виды стекол, применяемых в фасадных системах высотных зданий.

Современные стекла, как часть ограждающей конструкции здания, должны быть безопасными для людей и птиц, защищать внутренние помещения от перегрева в летние месяцы и чрезмерного охлаждения зимой, защищать помещение от действия ультрафиолетовых лучей, являться границей между внешней и внутренней средой здания.

С целью обезопасить людей, находящихся внутри здания и рядом с ним, в случае разрушения его стеклянной оболочки, в современных зданиях применяют закаленное стекло или стекло, усиленное полимерами, так называемое «триплекс-стекло».

Закаленное стекло в процессе изготовления сразу после нагрева подвергается быстрому равномерному охлаждению. В результате можно получить стекло, которое способно выдержать большие механические и термические нагрузки. Кроме того, что очень важно с точки зрения безопасности стеклянных фасадов высотных зданий, такое стекло, в случае разрушения распадается на осколки, не имеющие острых граней. Таким образом, применение закаленного стекла в фасадах высотных зданий, способствует снижению опасности для людей, находящихся внутри здания или рядом с ним.

Однако, при падении даже не острых осколков стекла с большой высоты, они способны нанести вред здоровью. Для исключения этого негативного фактора, можно использовать закаленное стекло, усиленное полимерами. В этом случае два листа закаленного стекла склеиваются тонким прозрачным слоем полимера. При попытке разбить такое стекло оно не распадается на осколки, так как отдельные части разбитого стекла удерживаются прослойкой из полимера.

Влияние сплошного остекления на птиц, являющихся частью экосистемы города, а также способы обезопасить птиц рассмотрены авторами в статье [6].

Для того чтобы избежать перегрева помещений в летние месяцы и защитить мебель и оргтехнику от влияния ультрафиолетового излучения, целесообразно использовать окрашенное в массу стекло, применение которого также было подробно рассмотрено авторами в [6]. Кроме того, энергию солнца можно использовать в целях экономии невозобновляемых источников энергии, установив в фасадах высотных зданий



фотоэлектрические элементы, которые способны накапливать энергию солнечного света. Такие системы использовались при строительстве небоскреба Федерации промышленности Северной Кореи в Сеуле.

Известны системы двойных фасадов зданий, которые активно применяются при проектировании и строительстве высотных зданий. Двойной фасад представляет собой сплошное остекление здания, состоящие из двух слоев стекла – внутреннего и наружного. При этом расстояние между слоями остекления может быть от нескольких десятков сантиметров, до нескольких метров. В этой системе внутренний слой остекления является основными и имеет двойные и тройные стеклопакеты, а наружный, имеющий, как правило, одинарное остекление, выполняет функции защиты от ветра, осадков и солнечных лучей. При этом пространство между остеклениями может быть использовано для целей вентиляции здания или как буферная зона удерживающая излишки тепла. При достаточном расстоянии между внутренним и наружным остеклением, эта зона может быть использована для высаживания зеленых насаждений, которые будут способствовать снижению психологической нагрузки на обитателей высотного здания, вынужденных большую часть дня находиться вдали от природы. Кроме того, зеленые насаждения – деревья и кустарники защитят внутренние помещения от пагубного воздействия солнечной энергии [6].

При выборе системы светопрозрачных конструкций высотного здания необходимо учитывать и обслуживание этой системы. На стадии проектирования высотного здания многие строительные компании отмечают, что инженеры и специалисты в последнюю очередь задумываются о том, как именно необходимо обслуживать фасад здания после постройки: как чистить окна, делать замену стекольных рам, и какие применять при этом технологии. Чтобы выполнить все эти требования и не допустить серьезных ошибок, необходимо иметь не только опыт в этой работе, как утверждают руководители международных проектов высотных зданий, нужны эксперты, специалисты, инженеры, занимающиеся конкретно оболочками зданий и знающие как выгодно и лучше их можно обслуживать. А это в свою очередь требует времени и материальных затрат для решения данных задач и проблем [7].

Необходимо отметить, что в мире давно уже не используется промышленный альпинизм, так как это небезопасно, неэффективно и невыгодно. На сегодняшний день широко применяются стационарные системы обслуживания фасадов, которые устанавливаются на кровле и двигаются по рельсовым путям. Это удобно, это выгодно и такие технологии рассчитаны на пожизненную службу [8, 9]. Но чтобы оборудование не портило внешний облик высотного здания, как правило, важную роль играет наличие

парковочного места на крыше. При этом техника должна обеспечить доступ ко всем участкам фасада для обслуживания, мойки и чистки, а так же грузовой лебёдки для замены стеклопакетов [8, 9].

Любое высотное здание является уникальным объектом, все системы которого не могут повториться в следующем подобном здании. Фасад, являясь системой уникального здания, должен обладать особой архитектурно-художественной выразительностью. К фасаду, как и ко всем частям высотного здания, предъявляются повышенные требования безопасности и устойчивости. Конструкции фасада должны быть прочными, а в случае разрушения, не должны являться источником опасности для людей, птиц или животных, находящихся внутри здания или рядом с ним. Фасадная конструкция должна выдерживать повышенные ветровые нагрузки, противостоять террористическим угрозам, не способствовать распространению пожара. Кроме этого, фасадные конструкции должны защищать здание от перегрева летом и от чрезмерного охлаждения помещений зимой. Немаловажно, чтобы фасад имел предусмотренные системы, позволяющие легко и безопасно его очистить. Большим препятствием в проектировании систем, удовлетворяющим перечисленным выше требованиям, является отсутствие норм, регламентирующих проектирование фасадных систем зданий.

### Библиографический список

1. Верховский А.А. Комплексные исследования светопрозрачных фасадных конструкций // Высотные здания. – 2015. №1 – С.114..117
2. Ройфе В.С., Верховский А.А., Безруков А.Ю. Королевство кривых зеркал. // Высотные здания. 2016. №2. С. 112-117
3. K. Logan. For the Bird // Architectural record. 2015. №10. С148...154
4. Магай А.А. Современное стекло в архитектуре многофункциональных высотных зданий // Строительные материалы. – 2010. - №4 – С. 108..111.
5. Магай А.А. Стекло в архитектуре высотных зданий // Окна. Двери. Фасады [http://fasad-rus.ru/steklo-v-arhitecture-vysotnyh--article\\_794.html](http://fasad-rus.ru/steklo-v-arhitecture-vysotnyh--article_794.html) (дата обращения: 02.05.2017г.)
6. Ананьин М.Ю., Ведищева Ю.С., Курдюкова Е.В. Стекланные фасады и их безопасность для птиц. // Сборник материалов международной конференции «II Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур» 26-27 мая 2016 г., г. Екатеринбург, С. 36-41
7. Ройер Р. Новые перспективы светопрозрачной архитектуры произвольных поверхностей: холодногнутое стекло // Стекло и бизнес. – 2012. №4
8. Голубева Е. Системы обслуживания фасадов – неперенный атрибут современной архитектуры // Высотные здания. – 2014. №5-6 – С.136..137
9. Голубева Е. Системы обслуживания фасадов. Преимущества очевидны // Высотные здания. – 2012. №1 – С.108..111

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕРОПРИЯТИЙ ПО  
ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКЕ  
ТЕРРИТОРИИ КАК ОСНОВА ДЛЯ  
СОЗДАНИЯ КОМФОРТНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ  
ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА**

*Тиганова И. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, i.a.tiganova@urfu.ru

*Крючков А. С.*

ООО Проектно-строительная компания «Эверест», sk.everest@yandex.ru

*Ившин Р. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Трефилов Д. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Десятова Е. П.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Рост городов приводит к необходимости освоения территорий со сложными инженерно-геологическими условиями. В настоящем исследовании рассмотрен район Широкая Речка г. Екатеринбурга, подвергшийся интенсивному освоению с начала 2000 гг., местами заторфованная территория с неблагоприятными условиями организации поверхностного и грунтового стока. В результате комплексного анализа природно-климатических условий и существующего состояния инженерной подготовки территории был предложен комплекс мероприятий по инженерной подготовке территории, направленных на создание комфортной среды для жизнедеятельности человека. Сделан вывод о том, что только планомерная и своевременная «физическая» реализация инженерных мероприятий, основанная на полноте исходных данных и высоком

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

качестве проектирования может быть основой эффективного освоения территории. При этом ответственность по реализации тех или иных инженерных мероприятий, строительству и обслуживанию инженерной инфраструктуры должна распределяться между городскими властями и застройщиками.

**Ключевые слова:** Инженерное благоустройство, инженерная подготовка территории, комфортная городская среда, организация поверхностного водоотвода, дренаж, сложные инженерно-геологические условия.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **LANDSCAPE ENGINEERING AS A BASE OF COMFORTABLE ENVIRONMENT FOR PEOPLE**

*Tiganova I. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Kruchkov A. S.*

Design and construction company "Everest", Ekaterinburg, Russia,  
psk.everest@yandex.ru

*Ivshin R. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Trefilov D. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Deciatova E. P.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Growth of cities leads to a necessity to develop lands located in bad climate and subsoil conditions. This research considers Shirokaya Rechka District of Yekaterinburg City - the District that has been under intensive development since 2000. The District represents a land featuring high peat formations occurring here and there, and unfavourable storm and underground water management conditions. After comprehensive analysis of natural and climatic conditions and of existing status of landscape engineering, we proposed a complex of landscape engineering measures aimed at creation of sustainable urban environment for human life and activities. We concluded that only the planned and timely 'physical' implementation landscape engineering measures, as based on complete initial data and high design quality could ensure a sustainable ground for efficient land management. Given

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

### **III International Conference «Safety Problems of Civil Engineering Critical Infrastructures»**

that, the implementation of any engineering measures, construction and maintenance of the engineering infrastructure should be a shared responsibility of both municipal authorities and developers.

**Key words:** Landscape architecture, landscape engineering, sustainable urban environment, land development, storm water design, underground drainage, bad climate and subsoil conditions.

Актуальной проблемой создания и развития инженерной инфраструктуры современных городов является обеспечение комфортной, экологически безопасной среды для жизнедеятельности человека [1]. При этом основной задачей освоения территорий с неблагоприятными физико-геологическими условиями природного и техногенного характера является грамотное проектирование и последовательная реализация комплекса мероприятий по инженерной подготовке территории, которые включают основные базовые мероприятия, такие как организация поверхностного водоотвода, и специальные – искусственное водопонижение на подтапливаемых участках, освоение заторфованных территорий и пр.

В ходе освоения и застройки природного ландшафта существенно меняются гидрологические условия формирования поверхностного стока, в процессе застройки и благоустройства городской территории естественная система водосбора и водоотвода нарушается. Застроенные территории практически лишаются впитывающей способности, поэтому расход стока здесь может увеличиваться в несколько раз по сравнению с расходом стока, формируемого на естественных природных ландшафтах. Геохимический состав поверхностного стока в городах существенно отличается от фоновых условий. Меняется химический состав вод, степень их минерализации, содержание и соотношение макро- и микрокомпонентов. Поверхностный сток с городских территорий характеризуется высокими концентрациями загрязнений. Поэтому с экологической точки зрения, учитывая, что поверхностный сток с городских застроенных территорий является одним из самых интенсивных источников загрязнения окружающей среды различными примесями техногенного происхождения, организация и дифференциация поверхностных стоков также имеет положительное влияние на окружающую среду [3].

Равнинный рельеф, заболоченность, высокий уровень стояния грунтовых вод, все эти неблагоприятные условия, с точки зрения инженерного освоения, характерны для значительной части города Екатеринбурга и в частности для района Широкая Речка, который интенсивно осваивается на протяжении последних двадцати. До начала XXI века район Широкая Речка в основном представлял собой малоэтажную коттеджную застройку, начиная с конца 2000-х годов ведётся активная застройка многоэтажными жилыми домами по ул. Соболева. Освоение территории района продолжилось, а темпы строительства увеличились в 2010-х годах, когда началось строительство многоэтажных жилых домов на ул. Хрустальногорской, ул. Анатолия Муранова и ул. Екатерининской, а также малоэтажного жилого квартала «Мичуринский» на ул. Суходольской и других объектов.

В результате комплексного анализа природно-климатических, инженерно-геологических условий и существующего состояния инженерной подготовки территории на основе выполненной камеральной обработки топографических планов, натурных



обследований, проведенных апреле 2016 года в период активного снеготаяния, и опросов местных жителей было выявлено следующее.

В геоморфологическом отношении территория района Широкая речка расположена в пределах двух бассейнов стока р. Патрушиха и р. Широкая, господствующий уклон рельефа местности, поверхностных и подземных вод направлен на северо-запад к р. Широкая и на юго-восток к р. Патрушиха. Неблагоприятными условиями при освоении данной территории является то, что уровень грунтовых вод в периоды осеннего снеготаяния и весенних дождей достигает поверхности земли. Река Патрушиха в период весеннего половодья затопливает близлежащие территории, русло р. Широкой блуждающее, нарушено при планировке территории.

По данным проведенного анализа и натурного обследования существующего состояния инженерного благоустройства основными причинами подтопления и затопления территории являются: отсутствие организованного поверхностного водоотвода с территории, что в период интенсивного снеготаяния и обильных дождей приводит к затоплению улиц Анатолия Муранова, Соболева, Ягодная, а также к подтоплению территорий госпиталя ВОВ и онкологического центра; отсутствие функционирующей организованной точки сброса поверхностных вод; отсутствие единой системы закрытого и открытого поверхностного водоотвода; зарастание и засорение бытовым мусором существующих открытых водоотводных канав и элементов закрытой дождевой канализации; нарушение целостности системы открытых канав; недостаточная водопропускная способность элементов открытой системы поверхностного водоотвода: канав, лотков, водопропускных труб, а также их неточное высотное расположение; подтопление территории по причине высокого естественного уровня стояния грунтовых вод.

В результате проведенного анализа установлено, что подтопление территории происходит в условиях нарушенного поверхностного стока, обусловленного различными природными и антропогенными факторами – малые естественные уклоны поверхности земли, наличие в геологическом строении площадки слабоводопроницаемых суглинков, недостаточная реализация и отсутствие комплексного подхода при реализации мероприятий по инженерной подготовке. На территории района Широкая Речка отсутствует рациональная инженерная система отведения поверхностного стока. В настоящее время из-за засорения мусором и илом коллекторов и колодцев на многих участках снижена пропускная способность и эффективность работы системы городской системы ливневой канализации, что приводит к затоплению автомобильных дорог, подвалов жилых домов и зданий, и представляет угрозу безопасности дорожного движения, здоровью и жизни людей. Определенные сложности с обслуживанием рассматриваемой площадки связаны с тем, что

система поверхностного водоотвода не оборудована очистными сооружениями, что в том числе является нарушением требований экологического законодательства. Сточные воды без очистки выпускаются на рельеф, либо без очистки в водоемы, создавая опасность для окружающей среды и граждан.

Для улучшения состояния данной территории необходимо провести комплекс инженерных мероприятий. Одной из актуальных проблем в рассматриваемом комплексе работ является разработка и осуществление мероприятий, направленных на обеспечение поверхностного водоотвода и понижение уровня грунтовых вод на отдельных участках [2]. Настоящий вопрос включает в себя решение целого комплекса сложных и взаимосвязанных градостроительных, геотехнических и экологических задач. Первоочередным должно стать расчистка, профилирование, а также расширение, либо устройство существующей сети открытых водоотводных канав до р. Широкая в соответствии с ранее разработанным проектом планировки территории района Широкая Речка. Также необходимо выполнение комплекса мероприятий по инженерной подготовке территории: прочистка и укладка водопропускных труб; устройство водоотводных канав; там где необходимо, устройство закрытой ливневой канализации; устройство пристенного дренажа по периметру зданий и сооружений, подверженных влиянию грунтовыми водами; обеспечение выпуска дренажных вод от существующей системы дренажа жилых домов в проектируемую ливневую канализацию; устройство мостиков ил водопропускных труб в местах пересечения водостоков с улицами, тротуарами, въездами в кварталы.

Практическая реализация предложенных мероприятий будет способствовать прекращению затопления и подтопления территории. Высокий уровень инженерного благоустройства в целом благоприятно скажется на экологической обстановки района, в связи с тем, что будет исключена инфильтрация неочищенных поверхностных вод с проезжих частей улиц и дорог и предотвращено загрязнение почв и грунтовых вод; стоки дождевой канализации будут подвергаться предварительной очистке перед выпуском в водный объект. Реализация предложенных инженерных мероприятий позволит с наибольшей эффективностью осваивать территорию, предусматривает устройство всех необходимых инженерных систем, связанных с организацией отвода поверхностного и грунтового стоков, уточняет этапность реализации указанных мероприятий, что обеспечит комфортные условия для проживания на данной территории.

В результате данной работы для территории района Широкая речка г. Екатеринбурга был выполнен комплексный анализ и сбор исходных данных, на основе которых разработаны мероприятия по инженерной подготовке территории, включая организацию поверхностного водоотвода и защиту зданий и сооружений от подтопления. Оценка

местоположения, градостроительной ситуации и инженерно-геологических условий участка исследования была проведена после камеральной работы с топосномами, натурных обследований и опросов местных жителей, что позволило наиболее полно проанализировать существующие условия, определить проблемные места и выявить вопросы, которые требуют первоочередного решения. Таким образом, для создания комфортной среды для жизнедеятельности человека необходима реализация комплекса мер по инженерной подготовке территории, которая подразумевает качество и точность исходных данных – инженерных изысканий, грамотность принятых проектных решений, последовательную их реализацию и эффективную эксплуатацию инженерных систем.

**Библиографический список**

1. Нефёдов В.А. Ландшафтный дизайн и устойчивость среды. – СПб.: 2002. – 295 с.
2. Тиганова И. А. Влияние инженерного обеспечения застраиваемых территорий на водный баланс техногенных ландшафтов. [Электронный ресурс] – Екатеринбург: Архитектон: известия вузов. – 2012. – №3(39).
3. Чистякова С.Б. Охрана окружающей среды: Учеб. Для вузов. Спец. «Архитектура». – М.: Стройиздат, 1988. – 272 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **К ВОПРОСУ О РЕКОНСТРУКЦИИ МУЗЕЯ ИЗОБРАЗИТЕЛЬНЫХ ИСКУССТВ В ЕКАТЕРИНБУРГЕ**

*Панькова К. К.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, ksushapa@gmail.com

*Каганович Н. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, iris-blue@yandex.ru

*Гинзберг Л. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, laginzb@gmail.com

**Аннотация.** Статья посвящена основным тенденциям современного развития музейного дела и музейной архитектуры, основным проблемам в данной сфере, в частности, вопросам модернизации и реконструкции существующих музейных объектов, развитию концепции "децентрализации" крупных музеев в регионы, рассматривая возможности и перспективы существования региональных музеев. В качестве примера рассматривается проект организации в Екатеринбурге центра-спутника Государственного Эрмитажа и дипломная работа выполненная в рамках данной темы.

**Ключевые слова:** модернизация, реконструкция, музейный центр, региональный музей, центры-спутники, децентрализация, интеграция в городскую среду, система Filigran Eurobau, балка DELTABEAM.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **TO THE ISSUE OF RECONSTRUCTION OF THE YEKATERINBURG MUSEUM OF FINE ARTS**

*Pankova K. K.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, ksushapa@gmail.com

*Kaganovich N. N.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, iris-blue@yandex.ru

*Ginzberg L. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, lagingzb@gmail.com

**Abstract.** The article deals with the main trends of modern development of museology and museum architecture, the main problems in this field, in particular, the issues of modernization and reconstruction of existing museum objects, the development of decentralization concept of major museum brands to the regions, considering the possibilities and prospects for the existence of regional museums. By way of example, the article considers the project of the organization of the State Hermitage fellow center in Yekaterinburg and a thesis done in the framework of this topic.

**Key words:** modernization, reconstruction, museum center, regional museum, fellow centers, decentralization, integration into the urban environment, Filigran Eurobau system, DELTABEAM girder.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В современном мире наблюдается весьма возросший интерес к музейному делу в целом, к музеям и различного рода экспозициям в частности. Это вызвано, прежде всего, основными тенденциями развития общества и всех аспектов музейной деятельности как важной части его культурной жизни. Активизация инновационных и дальнейшее развитие традиционных направлений в этой сфере ставят перед профессиональным сообществом закономерный вопрос о соответствии организации музейной деятельности в целом и музейной архитектуры, в частности, современным требованиям при возведении новых и приспособлении существующих зданий.

Среди основных аргументов в плане необходимости модернизации музейных объектов можно выделить следующие: острая необходимость в развитии дополнительных экспозиционных и вспомогательных площадей; новые формы изобразительного и выразительного искусства требуют новых технических и технологических возможностей для их демонстрации; повышенный интерес общественности к традиционному и современному искусству; немаловажен и тот факт, что развивается качественно новый уровень отношений в сфере музейного бизнеса, попечительства и спонсорства. Процесс обновления музея как институции сегодня настолько актуален, насколько собственно музейное "поле" представляется сложным и многоплановым. И, несмотря на то, что в каждой конкретной ситуации существуют свои конкретные цели и задачи, все же можно выделить несколько основных взаимосвязанных направлений, приемов и способов модернизации музейных зданий.

1. «Скрытые резервы» – реконструкция и реставрация существующих, в том числе исторических зданий музеев, это один из самых распространенных способов модернизации, процесс осуществляется за счет выявления скрытых типологических резервов: объемно-планировочных, конструктивных и формальных возможностей старого здания; таким образом были расширены и реконструированы здания многих крупных музеев по всему миру, но наиболее яркий пример – программа «Большой Эрмитаж», проект реконструкции здания Главного Штаба выполнен в АБ "Студия 44" в 2002-2014 гг. [2, С. 162-176] (концептуальная основа – сохранение памятника архитектуры и поиск новых решений, но не привнесенных извне, а выращенных изнутри). Важным является то, что историческая архитектура диктует свои условия и в большинстве случаев важным моментом модернизации музейных комплексов является использование подземного уровня зданий и атриумных пространств, вокруг которых группируются основные помещения музейных зданий. Это предполагает большую свободу для трансформаций, при условии сохранения архитектурного облика музейного здания и исторического окружения, как части общего городского ансамбля;

2. «Новый музейный объект» – реновация существующих, в том числе, исторических зданий для организации музейных экспозиций, модернизация по этому типу предполагает сочетание старой и новой архитектуры, нередко это т.н. «деиндустриализация искусством», в этом случае бывшие заводы, электростанции, промышленные зоны реанимируются и реконструируются под музеи и галереи современного искусства, перед специалистами возникает сложная задача – не нарушить целостность исторической архитектуры и при этом максимально внедриться во внутреннее пространство с его реальными возможностями; Гармонизация образа осуществляется либо в жесткой противоположной стилистике (воплощение концепции «здание-аттракцион» [3, С. 55-56, 66]), либо в тандеме с историческим зданием;

3. «Новый корпус» – расширение и создание новых музейных пространств: это обустройство отдельно стоящего здания, независимого от существующего музея, но в результате модернизации вошедшего в единый музейный комплекс;

4. "Децентрализация" музеев – организация филиалов (центров-спутников) крупных музеев в рамках единой брендовой сети;

Идеи децентрализации развиваются сегодня во многих сферах развития современного общества: социальной, политической, научной и, конечно, культурной, включая музейное дело. Именно в рамках децентрализации известных музейных брендов сегодня работает эта программа. Всемирно известные музеи Лувра, Гуггенхайма и Государственного Эрмитажа открыли и продолжают открывать свои "центры-спутники" в ряде других городов и стран: это "спутники" Лувра в Абу-Даби и Лансе [4, 136-149], Гуггенхайма в Бильбао, Лас-Вегасе, Венеции, Берлине (до 2012 г.), Эрмитажа в Казани (2005 г.), Амстердаме (2009 г.), Выборге (2010 г.), Владивостоке (2016 г.), планируется открытие в Екатеринбурге (2018 г.) и Омске (2019 г.). В случае успеха подобный опыт привлекателен для обеих сторон проекта, однако чтобы стать успешными, "центры-спутники" должны поддерживать финансовую, организационную и экспозиционную политику главного музея. В каждом конкретном случае рассматривается целесообразность того или иного решения: градостроительная ситуация, финансовые возможности, социальный фактор, культурный статус города и проч. В данном контексте необходимо упомянуть об актуальных изменениях в «музейных сценариях» – активный переход от культуры потребления (consumer culture) к культуре участия (participant culture). Сегодня наряду с традиционной в своей последовательности схемой «произведение/эксперт/зритель», успешно работает прием активного вовлечения зрителя, это более сложные отношения по принципу интерактивности – «произведение/зритель/диалог». Современные тенденции развития маркетинговых стратегий в музейном деле, в том числе создание особо выразительной, нередко эпатажной (здание-аттракцион) архитектуры,



которая привлекает посетителя не меньше, чем то, что хранится внутри. Здание само по себе в некоторых случаях становится поводом посетить тот или иной музей.

В России организация "центров-спутников" крупных музеев в регионах связана с серьезными проблемами большинства российских региональных музеев, коллекции которых зачастую попросту не имеют достойных условий хранения и организации выставок и, прежде всего, с вопросами самостоятельного финансирования. В данной ситуации целесообразно выделить два ключевых аспекта: невостребованные экспонаты из запасников крупных музейных фондов с одной стороны и недоступность знаменитых коллекций для большинства населения страны и общая проблематика региональных музеев – с другой.

С учётом всего вышесказанного особый интерес представляет собой проект организации "центра-спутника" Государственного Эрмитажа (Культурно-просветительский центр Эрмитаж-Урал) в одном из зданий Екатеринбургского Музея Изобразительных Искусств (музей в апреле 2016 г. исполнилось 80 лет). В данном дипломном проекте, работа над которым шла параллельно с реальным проектом реконструкции, представляется возможность решить комплекс проблем в сфере "музейного дела": реставрировать историческое здание галереи, провести его реконструкцию с возможностью функционального и технологического усовершенствования для создания современного общественного пространства культурного объекта, и самое главное - организовать филиал всемирно известного музея. Кроме того, территориальное развитие исторического здания путем его интеграции в городскую среду и реабилитация неприглядного участка в самом центре города, делает музейный комплекс органической частью общественной благоустроенной зоны, так популярной у горожан.

Итак, сегодня музей должен стать культурно-просветительским центром в системе современного города, и Екатеринбург не является исключением, имея в своей структуре крупный художественный музейный комплекс – Екатеринбургский Музей Изобразительных Искусств. Датой основания музея считается 1936 год, хотя история его коллекций восходит к последней четверти XIX века. Сейчас музей занимает два здания, расположенных в центре Екатеринбурга и имеющих статус памятников архитектуры. Одно из зданий, занимаемое центральной частью музея (ул. Вайнера, 11), является ярким примером архитектуры рационального модерна [1, 131] и было построено в 1912 году по проекту арх. К. Т. Бабыкина (рис. 1).



Рис. 1. Современный вид фасада ЕМИИ с пешеходной части улицы Вайнера

Именно в этом здании согласно государственной программе 2014 года по развитию культуры и, в частности, по ремонту и реконструкции объектов культуры, было принято решение создать выставочный центр "Эрмитаж-Урал". Тем более что в знак благодарности за оказанную поддержку и помощь в спасении эвакуированных в годы войны сокровищ Государственный Эрмитаж передал в фонды ЕМИИ десятки произведений искусства. Значительная их часть в настоящий момент не экспонируется из-за недостатка площадей и хранится в переполненных запасниках, что является основной предпосылкой к его переустройству и модернизации. К тому же, уже 17 лет в Екатеринбурге успешно работает «Эрмитажная школа реставрации», что также отражает хорошо налаженные связи и историческую память. Другими важными предпосылками реконструкции является следующее:

- существует историческое здание действующего музея, удачно расположенное в самом центре города в пешеходной благоустроенной зоне, но, учитывая сегодняшние реалии, требуется его немедленная реконструкция и реставрация, т. к. здание не отвечает, в первую очередь, общим нормам проектирования, и требует современного подхода к проблеме;
- с учетом современных тенденций музей требует изменений как в вопросах технологии и системах оборудования, так и в организации принципиально новых видов музейной деятельности, включая коммерческие составляющие;
- проект модернизации может стать частью развития идеи «децентрализации» музейной деятельности (при этом, как было сказано выше, Государственный Эрмитаж уже имеет подобный опыт открытия центров-спутников и успешного взаимодействия с ними как в России, так и за рубежом.

В ходе разработки концепции проекта реконструкции были определены конкретные задачи для переустройства:

- разместить на первом этаже исторического здания КПЦ "Эрмитаж-Урал";
- привести существующее здание в соответствие действующим противопожарным и санитарным нормам, оборудовать помещения современными средствами обеспечения климатического контроля и пожаротушения, а также обеспечить доступ маломобильных групп населения;
- оборудовать мемориальный зал в мансардном этаже существующего здания;
- привлечь как можно больше посетителей, превратив существующее здание в современное пространство, комфортное и соответствующее своему назначению.

Предлагаемый проект реконструкции представляет собой незначительную внутреннюю перепланировку исторического здания и возведение нового блока, пристроенного к основному существующему. В достаточно сложной градостроительной ситуации расширение стало возможным за счет сноса ветхих построек и расчистку "замусоренного" внутренней части квартала (рис. 2, рис. 3). Принципиальная схема поэтажного сопряжения пространства старого здания и новой пристроенной части представлена на рис. 4.

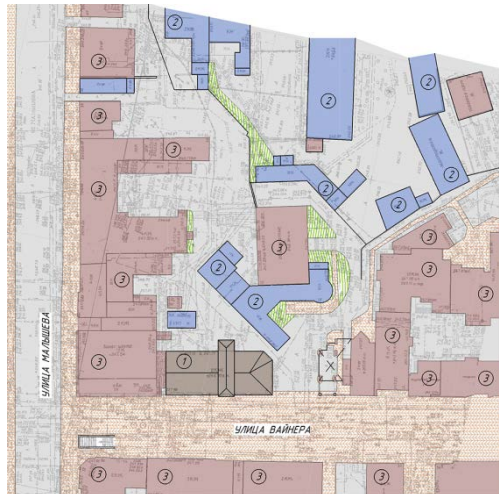


Рис. 2. Схема сносимых сооружений на участке реконструкции: 1 – существующее здание ЕМИИ, 2 – сносимые объекты, 3 – оставляемые объекты

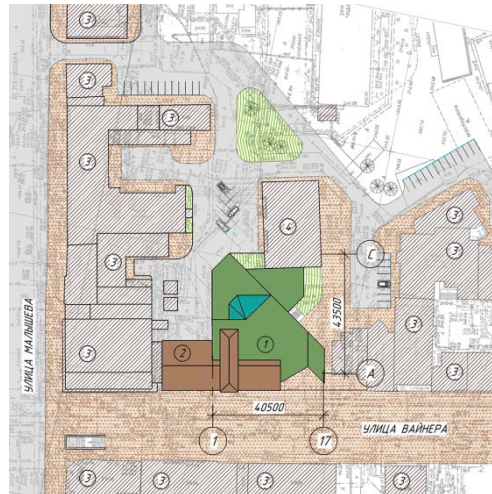


Рис. 3. Схема участка после реконструкции: 1 – пристроиваемый объем к зданию ЕМИИ, 2 – существующее здание ЕМИИ, 3, 4 – оставляемые объекты

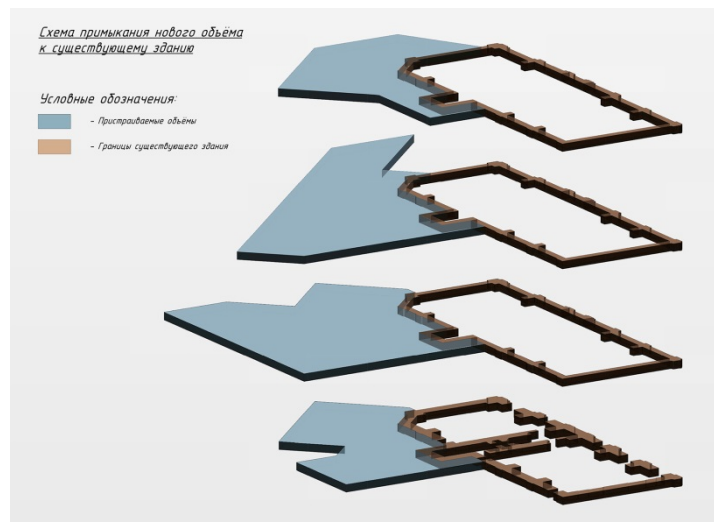


Рис. 4. Поэтажная схема сопряжения старых и новых пространств

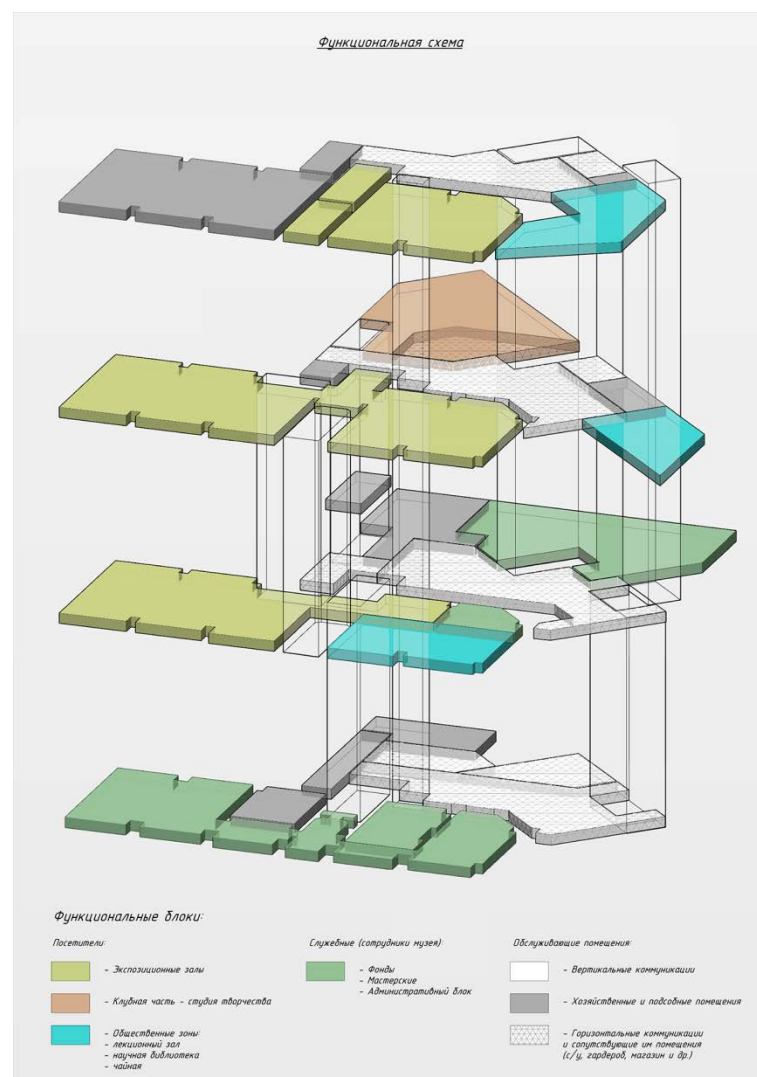


Рис. 5. Поэтажная схема расположения функциональных блоков

В результате предлагаемого решения примыкания объемов стало возможным перераспределение основных функциональных блоков музея. Все функциональные зоны комплекса теперь имеют удобные связи, необходимое и достаточное количество входов и выходов, и в то же время любая составляющая может работать автономно и независимо (рис. 5).

Историческая часть, прежде неприспособленная для полноценного функционирования музея, теперь должна работать только как экспозиционное пространство: на первом и втором этажах предполагается разместить собственно экспозиции музейных коллекций, а подвальный этаж предназначен для фондохранилища и реставрационных мастерских. Экспозиционное пространство третьего этажа с устройством фонарей верхнего света в скатной кровле и сохраненными историческими конструкциями стропил отдано залу «музей в музее», где собраны подарки, сувениры и прочие предметы, накопившиеся со времени основания галереи и ставшие неотъемлемой частью ее истории. В этой части музея также сохраняется помещение "Мемориальная комната" в память о реставраторах, которые в трудных условиях самоотверженно работали в годы Отечественной войны.

Новая часть переняла необходимые сопутствующие функции современного музея, обеспечив также доступ посетителей на все уровни:

- 1 этаж – входная группа, офисно-административный блок с обособленным входом;
- подвал – гардероб;
- 2 этаж – библиотечно-информационный центр, творческая студия, зимний сад;
- 3 этаж – рекреационная зона, кафе-чайная с выходом на эксплуатируемую кровлю.

Что немаловажно, предлагаемые решения позволяют организовать полноценный главный вход в центр «Эрмитаж-Урал» вместо существовавшего в историческом здании. Смещение входа в сторону двора позволяет создать накопительную площадку для посетителей (в т. ч. с доступностью МБГН) и организовать просторную многоуровневую вестибюльно-информационную зону в системе пристраиваемого объема. Новая часть выходит на линию бульвара только галереями второго уровня, не мешая движению по пешеходно-прогулочной зоне. Медиаэкран, установленный в системе витража, транслирует музейные события он-лайн, приглашая прохожих посетить музей (при этом предполагается его визуальная доступность и с магистральной улицы Малышева). Таким образом, в проекте предлагается архитектурное решение с заглублённым главным входом со стороны пешеходной улицы Вайнера (рис. 6).





Рис. 6. Общий вид реконструируемого здания

Предлагаемое проектом планировочное решение целесообразно и технически реализуемо. Строительно-конструктивная система пристраиваемого объема представляет собой сборно-монолитный каркас в виде трубобетонных колонн  $d=299\text{мм}$  без армирования и балок DELTABEAM. DELTABEAM – это полая металлическая балка, изготовленная из сваренных стальных пластин с отверстиями на боковых поверхностях и арматурой внутри сечения [5]. Она является несъемной опалубкой, монтируется на стройплощадке совместно с несъемной ж/б опалубкой с арматурой Филигран (НЖБО Filigran Eurobau), и после заполнения бетоном организует единый плоский жесткий горизонтальный диск перекрытия. Связь конструкций нового пристраиваемого объема с историческим зданием осуществляется через встроенный в существующую стену железобетонный каркас, представляющий собой систему вертикальных и горизонтальных поясов (рис. 7).

Кирпичные стены существующего здания сохраняются, их эксплуатация продолжается, при этом усиления фундамента существующего здания не требуется. Для возведения пристраиваемой части предлагается устройство монолитных фундаментов под колонны нового каркаса, расположенных на некотором удалении от исторических стен. При этом осадка фундамента и негативное влияние на исторические конструкции не прогнозируется, т.к. его основанием является скальный грунт.

Вновь возводимые наружные стены приняты из газозолобетонных блоков, утепление минераловатными плитами Isover. Отделка наружных стен – искусственный камень с применением вертикального озеленения в зоне эксплуатируемой кровли (проектом также предусмотрено озеленение и в интерьерах). Проектом предусматривается структурное остекление фасадов и лестничных клеток, в покрытии – над пространством «музея в музее» и

для устройства двухуровневого фонаря-зимнего сада – использование планарного вантового остекления, которое обогащает интерьер.

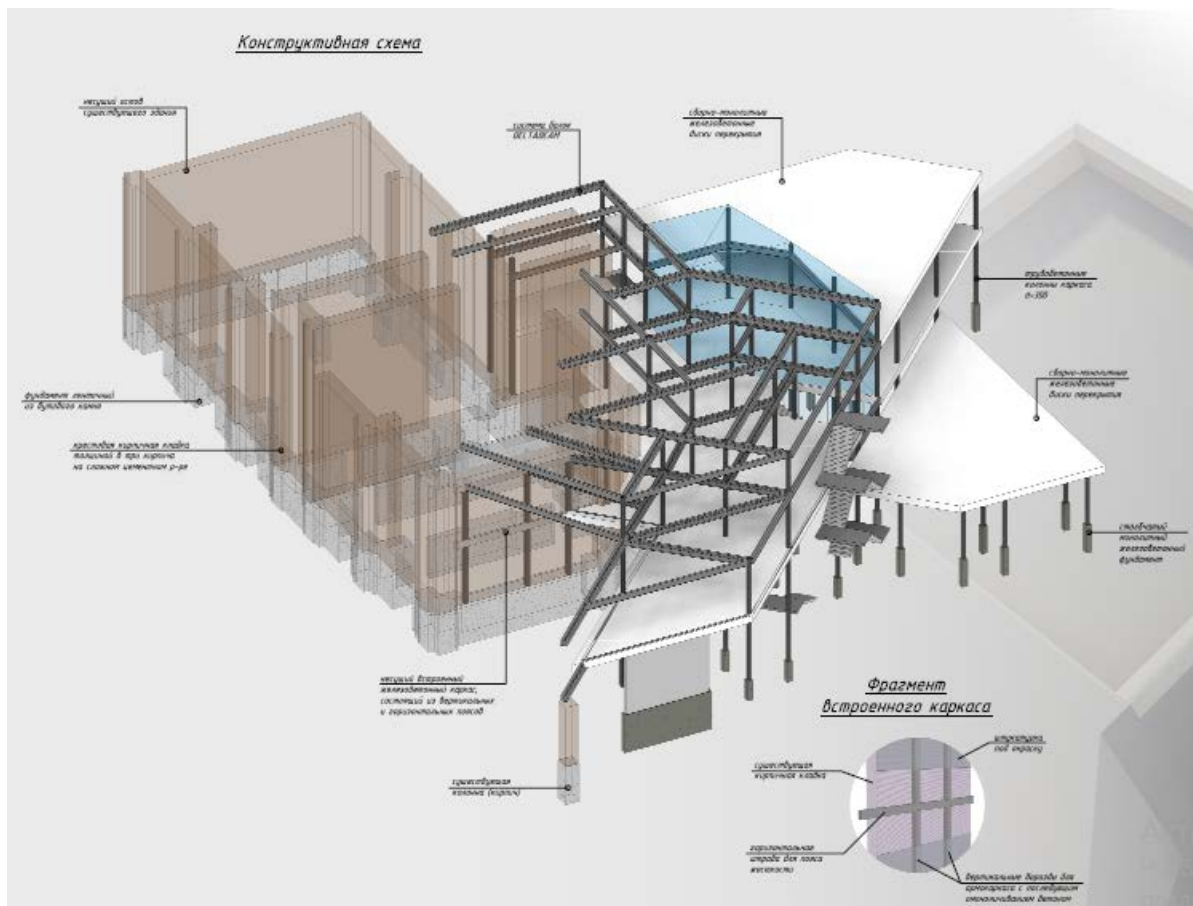


Рис. 7. Конструктивная схема каркаса

## Заключение

КПЦ «Эрмитаж-Урал» это пример комплексного подхода к модернизации музейного здания. Создание новых современных экспозиционных пространств в составе исторического музейного здания подчеркивает архитектурную и градостроительную значимость объекта реконструкции, решает ряд важных задач, связанных с экспонированием произведений искусства. Расширение возможностей для выставочной, общественной и сопутствующих функций в части экспозиционной, рекреационной, научно-исследовательской деятельности, реализации образовательных программ, обеспечения необходимыми рабочими помещениями научный персонал и администрацию в целом формирует современное комфортное внутреннее пространство как для посетителей, так и для служащих и работников музея. Бережно сохраняя памятник культуры и архитектуры в первоначальном виде, новый объём решен в стиле минимализма, а главный фасад в простых и строгих линиях представляет собой своего рода информационное поле, и все это вместе органично вписывается в окружающую среду. Реализация проекта «Эрмитаж-Урал» укрепит статус Екатеринбурга как



культурного центра Среднего Урала. В данном случае тем более уместно высказывание самого директора Государственного Эрмитажа М. Пиотровского: «С Екатеринбургом у нас совершенно особая, мистическая история. Эрмитаж располагался здесь во время войны, и с тех пор Екатеринбург для нас святое место. И мы здесь свои люди. После войны Эрмитаж подарил Екатеринбургу прекрасную коллекцию. Пришло, получается, наконец, время ее показать» (интервью malina.am 06.04.2016г.).

### **Библиографический список**

1. Звагельская В.Е. Модерн в памятниках архитектуры Свердловской области. Изд. серия. Министерство Культуры Свердловской области. Екатеринбург, 2008. С.131.
2. Лихачева Л. Ковчег для Эрмитажа// Speech.Музеи. М., 2013. №11. С.162-176.
3. Шульц Б. От королевского дворца до здания-аттракциона // Speech. Музеи. М.,2013. №11. С. 55,56,66.
4. Шульц Б. Северная антенна //Speech.Музеи. М., 2013. №11. С.136-149
5. Техническое руководство DELTABEAM®, интернет-портал reikko.ru

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПРИМЕНЕНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ВЫСОТНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ**

*Разводов Р. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, razvodovroman@mail.ru

*Беляева З. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, belyaeva-zv@yandex.ru

**Аннотация.** В работе рассматривается древесина как современный строительный материал. Указаны проблемы и препятствия использования древесины. Проанализирована возможность строительства высотных объектов из деревянных конструкций. Дано описание используемых строительных элементов. Изучены используемые конструктивные системы. Описан опыт высотного деревянного строительства в нашей стране. Приведены примеры высотного деревянного строительства за рубежом. Рассмотрены проектные решения строительства высотных деревянных сооружений в будущем. Дана оценка древесине как самостоятельному конструктивному строительному материалу.

**Ключевые слова:** высотное деревянное строительство; небоскребы; древесина; устойчивость; зеленое строительство.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **THE USE OF WOODEN STRUCTURES IN HIGHT-RISE BUILDING CONSTRUCTION**

*Razvodov R. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, razvodovroman@mail.ru

*Belyaeva Z. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, belyaeva-zv@yandex.ru

**Abstract.** The article considers timber as modern building material. Problems and challenges of using wooden structures are noted. Opportunity of building high-rise timber objects is analyzed. Description of applied building elements is given. New contraction systems are learnt. Experience of using high-rise timber construction in Russia and abroad is described. Future high-rise wooden projects are considered. Valuation of wood as constructional material is given.

**Key words:** high-rise timber building, skyscrapers, wood, sustainability, green building.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## **Введение**

Древесина является легкодоступным и самовозобновляющимся строительным материалом и использование деревянных конструкций в строительстве имеет многовековую традицию. Однако в период роста индустриального строительства, повсеместного применения конструкций из стали и бетона при наличии огромных возможностей деревянных конструкций в их использовании наступил спад.

Это было обусловлено наличием серьезных недостатков деревянных конструкций, таких как невысокая долговечность в условиях высокой влажности, относительно низкая несущая способность, сложность в эксплуатации, в частности, гниение и биопоражение древесины, проблемы, связанные с обеспечением противопожарной безопасности.

Новый импульс в строительстве с применением деревянных конструкций был получен в связи с появлением современных защитных и антисептических материалов, а также с активным развитием технологий создания клееных конструкций, дающих возможность шире использовать деревянные конструкции в качестве несущих, в том числе и в высотных зданиях [1].

## **Здания в России**

В России древесину, как правило, для строительства высоких зданий не используют, но несколько примеров найти можно.

### **Церковь Преображения Господня 1714 г.**

Построена в 1714 году, относится к погосту «Кижи». Высота от основания до креста центральной главы – 37 м, размер в плане – 20,6×29 м.



Рис. 1. "Церковь преображения Господня" [2]

Относится к типу деревянных восьмериковых ярусных церквей. Основной композиции сооружения является восьмигранный сруб – «восьмерик» – с четырьмя двухступенчатыми прирубам, расположенными по сторонам света. Алтарный восточный прируб имеет в плане форму пятиугольника. С запада к основному сруб примыкает невысокий сруб трапезной (нартекса). На нижний восьмерик последовательно поставлены еще два восьмигранных сруба меньших размеров.

В 1980–1983 годах были выполнены противоаварийные работы с установкой внутреннего металлического каркаса с целью предотвращения возможного обрушения здания церкви.

### **Дом Сутягина**

Первая деревянная высотка появилась не в Европе или Америке, а в России, в Архангельске. И было это еще в начале 1990-х годов. Предприниматель Николай Сутягин решил сам спроектировать и построить себе дачу. Изначально задумывался двухэтажный деревянный дом, но в процессе строительства он вырос до 13 этажей.

«Вначале я надстроил три этажа, но дом стал выглядеть как-то нелепо, – рассказывал в одном из своих интервью Николай. – Поэтому решил добавить еще один этаж, но все равно что-то было не так. Потом достраивал и достраивал, пока не получилось 13 этажей».



Рис. 2. "Дом Сутягина" [3]

Дом Сутягина стал одной из достопримечательностей города. Правда, соседи, которым пришлось жить рядом с домом-башней, не разделяли восторгов туристов и боялись за свою безопасность. Ведь дом строился без соблюдения архитектурных и конструктивных норм и требований пожарной безопасности. Местные власти не раз пытались уговорами и постановлениями убедить Сутягина разобрать свое творение – все было бесполезно. Вопрос пришлось решать через суд, который постановил снести самовольную постройку. В 2008 дом был разобран до четвертого этажа, а в мае 2012 года оставшаяся от деревянного небоскреба часть была уничтожена пожаром.

### **Здания в мире**

С развитием современных технологий деревообработки и изготовления клееных элементов в мире стали очень активно строить здания с применением деревянных конструкций. Благодаря повышенной прочности клееных элементов и возможности изготовления конструкций практически любых размеров деревянные конструкции начали применять и в строительстве высоких зданий.

#### **UBC Brock Commons (Ванкувер, Канада) 2017 г.**

Несущие деревянные конструкции и фасад студенческого общежития UBC Brock Commons были закончены на четыре месяца раньше запланированного срока, тем самым, демонстрируя преимущества деревянного строительства. На данный момент здание является самым высоким деревянным зданием в мире – 53 метра, 18 этажей.



Рис. 3. "UBC Brock Commons" [4]

Коробка здания завершена менее чем через 70 дней после того, как сборные компоненты были впервые доставлены на площадку. Строительство будет теперь



сосредоточено на элементах интерьера, а завершено строительство будет в начале мая 2017 г. Ожидается, что в сентябре 2017 года здание откроет свои двери для 400 студентов.

Здание состоит из стилобата и двух железобетонных ядер жесткости. Остальные 17 этажей выполнены из CLT конструкций, которые поддерживаются на колоннах из клееного ламинированного дерева. Облицовка фасада выполнена из 70 % древесного волокна

Здание ориентировано на сертификацию LEED Gold - рейтинговую систему, которая содействует экологической ответственности владельцев зданий и операторов. За счет использования клееных деревянных компонентов здание удовлетворяет канадским требованиям пожаробезопасности и сейсмостойкости [4].

### **Treet (Берген, Норвегия) 2015 г.**

Норвежское жилищное объединение намеревалось построить экологичное здание, именно поэтому было решено использовать древесину. Кроме того, авторы проекта планировали возвести самое высотное здание из дерева, однако в процессе проектирования возникли бюрократические проволочки. Чтобы достичь высоты в 52,8 м, сторонникам проекта была необходима поддержка со стороны местных чиновников и лоббирование их интересов на всех стадиях строительства. Цель заключалась в создании недорогого, модульного высотного здания. Архитекторы вдохновлялись норвежскими деревянными мостами. Здание представляет собой в основном объемные элементы или модули, сложенные вместе. Каждый отдельный модуль соответствует всем стандартам «пассивного» дома [5].



Рис. 4. "Treet" [6]

Общая высота Treet составляет 52,8 метра. Вертикальную нагрузку несут клееные вертикальные деревянные фермы (стойки сечением 495×495 мм и 405×650 мм, раскосы –



406×405 мм), а из CLT-панелей возведены лестницы, лестничные и лифтовые шахты, стены и перекрытия. Период огнестойкости основной несущей системы (фермы) составляет 90 мин., а вторичной (CLT-панелей) – 60 мин [7].

#### **Forte Building (Мельбурн, Австралия) 2012 г.**

10-этажный жилой дом высотой 32 метра, построенный из CLT-панелей, которые доставляли на Зеленый континент из Австрии. Австралийских архитекторов подкупили экологические характеристики этого материала. По расчетам специалистов из Мельбурнского технологического университета, использование в здании CLT-панелей позволяет сократить выбросы парниковых газов более чем на 1400 т в год. Фундамент дома выполнен из бетона с высоким содержанием золы пыли – такой бетон легче и энергоэффективнее обычного, но при этом не менее прочен. Стены, полы и потолки в квартирах сделаны из материалов на основе древесины. Во всем доме установлена водосберегающая арматура, посудомоечные и стиральные машины. Есть даже установка для сбора дождевой воды и ее использования для туалетов и систем пожаротушения. На балконе каждой квартиры отведено место для небольшого огорода.



Рис. 5. "Forte Building" [8]

Forte стал первым в Австралии строительным объектом жилого назначения, получившим национальный сертификат соответствия экологическим предписаниям 5 Star от Green Star. [9]

#### **Stadhaus (Лондон, Великобритания) 2008г.**

Stadhaus был построен в 2008 году. Это первое в мире здание с несущими и ограждающими конструкциями, полностью выполненными из материалов на основе

древесины. Покрытие, перекрытия, вертикальные несущие конструкции, ограждающие конструкции лестничных клеток и лифтовых шахт – все деревянное. Жилой девятиэтажный дом на 28 квартир возвели всего за девять недель. Дом построен по принципу огромного пчелиного улья, в котором каждая стена – несущая. Австрийская компания KLN специально для этого проекта разработала уникальные сборные самонесущие ламинированные панели из еловой древесины, которыми был облицован фасад. Было использовано более 5 тыс. водонепроницаемых панелей Eternit (они на 70 % состоят из отходов лесопереработки, а с внешней стороны покрыты слоем из алюминиевого сплава) [9].



Рис. 6. "Stadhaus" [10]

### **ЕЗ (Берлин, Германия) 2008 г.**

В 2008 году в районе Пренцлауер-Берг в Берлине было построено семиэтажное деревянное здание ЕЗ. Авторы проекта – берлинские архитекторы Том Каден и Том Клингбайль. Семиэтажное здание возвели всего за десять недель, благодаря тому, что собирали его по принципу гигантского конструктора из легких деревянных модулей, сделанных из ели и пихты, которые поставлялись с заводов на строительные площадки почти в полностью готовом виде. Облицован дом огнеупорными гипсовыми плитами. Плюс этого дома – низкое потребление энергии: всего около 40 кВт·ч на 1 м<sup>2</sup>. Для сравнения: в обычных московских домах этот показатель достигает 200-240 кВт·ч на 1 м<sup>2</sup>. Кроме проектных задач, архитекторам пришлось решать еще и юридические: по немецкому законодательству, такое здание вообще не имело права на существование – деревянные дома можно строить не выше пяти этажей. Основным аргументом городских властей против возведения многоэтажных деревянных зданий была их якобы пожароопасность. Однако архитекторам совместно с сотрудниками службы пожарной безопасности удалось убедить берлинский сенат в том, что дом полностью соответствует требованиям пожарной безопасности, и сенаторы дали разрешение на строительство [9].



Рис. 7. "ЕЗ" [11]

### Проекты

Опыт строительства высотных зданий с применением древесины показал, что это не только возможно, но и весьма эффективно. И в настоящее время подобные здания продолжают проектировать и строить.

#### **Hoho Vienna (Вена, Австрия)**

Это 84-метровое здание в виде двух башен, строительство которого обойдется почти в \$68 миллионов, станет самым высоким деревянным небоскребом в мире. Здание, которое, как ожидалось, будет построено к 2017 году, должно было состоять на 76 % из дерева, что сократило бы выбросы CO<sub>2</sub> в атмосферу на 2 800 тонн. Но не все шло гладко на пути развития этого проекта. Местный департамент пожарной безопасности, услышав об этом проекте, выразил опасения, касающиеся безопасности конструкции из дерева и бетона. Но эти опасения вскоре разрешились, и сейчас департамент работает вместе с архитекторами над надежностью конструкции этого небоскреба [8].

#### **Big wood (Чикаго, США)**

Амбициозный концептуальный проект "Big Wood" американского архитектора Майкла Чартерса, отмечен на конкурсе проектов небоскребов, проведенном журналом eVolo в 2013 году.

Это многофункциональный комплекс высотой 44 этажа, расположенный в деловом центре Чикаго. В качестве строительного материала и конструктивной основы комплекса "Big Wood" предусматривается использование многослойной древесины. Автор проекта исходит из того, что дерево – один из лучших материалов как для архитекторов, так и для

строителей, благодаря которому сокращаются вредные выбросы в атмосферу и создается здоровая среда обитания. Расчеты показали, что на долю строительной индустрии приходится 39 % выбросов углекислоты в атмосферу. Основная цель автора – построить самый экологически чистый небоскреб в мире и в будущем использовать дерево как надежную основу для жилищного и офисного многоэтажного строительства.



Рис. 8. "Hoho Vienna" [12]

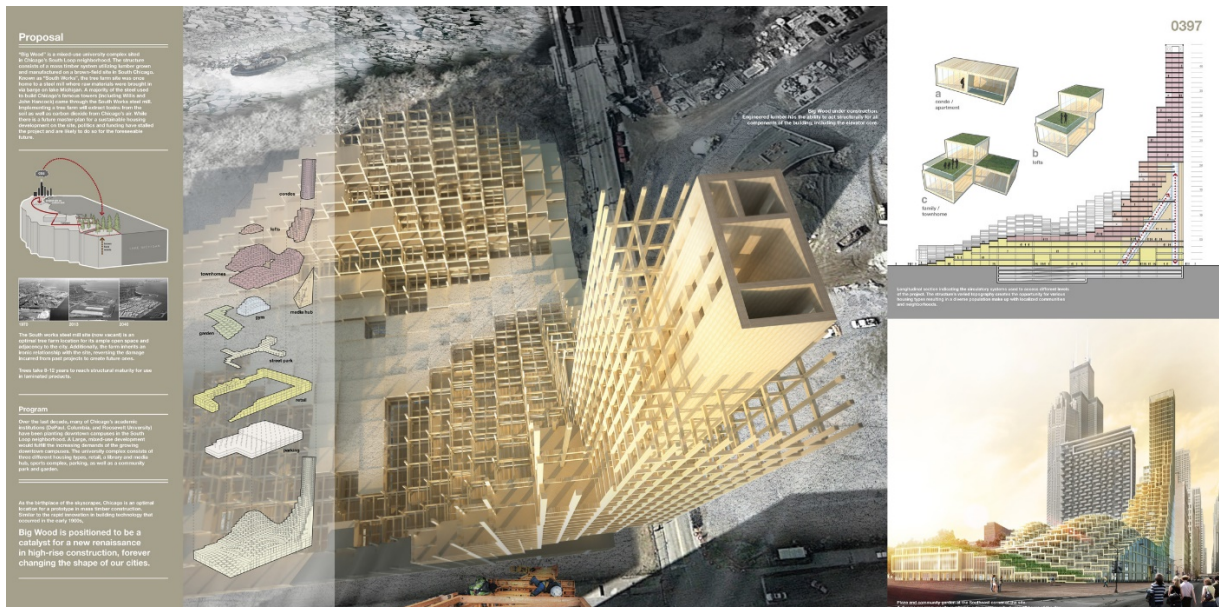


Рис. 9. "Big wood" [13]

Комплекс "Big Wood" включает три различных типа жилья, магазины, библиотеку, медиа-центр, спортивный комплекс, общественный парк, сады [14].



### **C.F Møller (Стокгольм, Швеция)**

Архитектурным бюро Berg | C. F. Møller Architects разработан проект 34-этажного жилого дома в Стокгольме (Швеция). В начале 2014 года в рамках архитектурного конкурса HSB Stockholm–2023 этот проект стал победителем. Центральное ядро здания запроектировано из железобетона, а колонны, перекрытия, стены, перегородки, оконные рамы и другие элементы – из деревянных конструкций. Дерево обеспечивает благоприятный микроклимат в помещениях и обладает отличными теплоизоляционными характеристиками. На открытых и закрытых террасах здания планируют посадить деревья.



Рис. 10. "C.F Møller" [15]

Согласно идее разработчиков, снабжать высотное здание тепловой и электрической энергией будут гелиосистемы, размещённые непосредственно в здании. Завершить основные строительные работы планируют к 2023 году [15].

### **Здание небоскреба (Париж, Франция)**

Проект здания был разработан в рамках крупного конкурса Réinventer Paris, целью которого является поиск инновационных, дружественных среде решений для 23-х площадок Парижа.

На участке застройки «Баобаб», частью которого и является деревянный небоскреб, также запланировано строительство жилых домов (как социальных, так и частных), магазины и кафе, общежитие для студентов, площадки для огородничества и стоянка для электромобилей.



Рис. 11. "Небоскреб в Париже" [16]

Но главная особенность 35-этажного небоскреба – возможность поглощения до 3,7 тонн двуокиси углерода, что эквивалентно годовому использованию 2207 машин, за счет использования деревянных конструкций [16].

### Заключение

Подобных примеров использования деревянных конструкций в строительстве как высотных зданий, так и общественных, спортивных сооружений, достаточно много, но преимущественно за рубежом, а в России дереву как современному материалу уделяется недостаточное внимание. В нашей стране применению деревянных конструкций в высотном строительстве препятствует отсутствие норм проектирования конструкций с использованием современных древесных клееных материалов, очень высокие нормы по пожарной безопасности, дорогостоящее оборудование для производств современных клееных конструкций.

При должном развитии культуры обработки и соответствующих нормативах по проектированию деревянных конструкций древесина во многих областях применения становится гораздо эффективнее других материалов. Дерево оптимально для создания комфортной среды как в интерьере, так и в экстерьере здания. Разнообразие архитектурных форм, создаваемых на основе современных деревянных конструкций, поистине бесконечно. Изучение мирового опыта показывает, что использование в пространстве города и полное раскрытие преимуществ дерева как материала и качественного озеленения позволяет значительно повысить уровень комфорта жителей.

## Библиографический список

1. Калугин А.В. Деревянные конструкции. Учеб. Пособие (конспект лекций). -М.: Издательство АСВ, 2003,-224с с илл.
2. Легенды церкви преображения Господня [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://objective-news.ru/stranicy-proshlogo/legendy-cerkvi-preobrazheniya-gospodnya.html> (дата обращения 04.04.17)
3. Сметанина Е. «Дом Сулягина». История одного из самых высоких деревянных строений в мире. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.1tvnet.ru/content/show/dom-sulyagina-istoriya-odnogo-iz-samih-visokih-derevyannih-stroenii-v-mire\\_11378.html](http://www.1tvnet.ru/content/show/dom-sulyagina-istoriya-odnogo-iz-samih-visokih-derevyannih-stroenii-v-mire_11378.html) (дата обращения 04.04.17)
4. Structure of UBC's tall wood building now complete [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.ubc.ca/2016/09/15/structure-of-ubcs-tall-wood-building-now-complete/> (дата обращения 04.04.17)
5. Norway's "Treet" breaks tall wood building record [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.buildup.eu/en/news/norways-treet-breaks-tall-wood-building-record> (дата обращения 04.04.17)
6. High performing buildings magazine [Электронный ресурс] // Weems C. Tall Timber: Wood Buildings Reaching New Heights: сайт. – URL: <http://www.hpbmagazine.org/Tall-Timber-Wood-Buildings-Reaching-New-Heights/> (дата обращения 04.04.17)
7. Здания высоких технологий [Электронный ресурс] // Чебан А. Строительство деревянных небоскребов: сайт. – URL: [http://zvt.abok.ru/articles/322/Stroitelstvo\\_derevyannih\\_neboskryobov](http://zvt.abok.ru/articles/322/Stroitelstvo_derevyannih_neboskryobov) (дата обращения 05.04.17)
8. World Build 365 [Электронный ресурс] // 10 самых высоких в мире деревянных зданий: сайт. – URL: <https://russian.worldbuild365.com/news/uzb8oleec/stroitelstvo-i-arkhitektura/10-samykh-vysokikh-v-mire-derevyannykh-zdaniy> (дата обращения 05.04.17)
9. Леспромформ [Электронный ресурс] // Самые известные деревянные высоты мира: сайт. - URL: <http://lesprominform.ru/jarchive/articles/itemshow/3641> (дата обращения 05.04.17)
10. Revealed: Home winners 2009! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.dailymail.co.uk/property/article-1215070/Revealed-Home-winners-2009.html> (дата обращения 05.04.17)
11. Panoramio [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.panoramio.com/photo/122286587> (дата обращения 05.04.17)
12. Don't light a match! World's tallest wooden skyscraper to include hotel, flats and wellness centre...but has sparked concerns from Vienna's fire service. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.dailymail.co.uk/travel/travel\\_news/article-2994867/World-s-largest-wooden-skyscraper-built-Vienna.html](http://www.dailymail.co.uk/travel/travel_news/article-2994867/World-s-largest-wooden-skyscraper-built-Vienna.html) (дата обращения 06.04.17)
13. Big Wood: Building Sustainable High-Rises in wood [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.evolo.us/competition/big-wood-building-sustainable-high-rises-in-wood/> (дата обращения 06.04.17)
14. Мега-проект деревянного небоскреба в Чикаго [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://crosslam.ru/proekt-derevyannogo-neboskreba-v-chikago> (дата обращения 06.04.17)
15. Здания высоких технологий [Электронный ресурс] // Устинов В. Деревянные небоскребы: сайт. – URL: [http://zvt.abok.ru/articles/232/Derevyannie\\_neboskryobi](http://zvt.abok.ru/articles/232/Derevyannie_neboskryobi) (дата обращения 06.04.17)
16. В Париже построят самый высокий в мире деревянный небоскреб [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://archspeech.com/article/v-parizhe-postroyat-samyu-vysokiy-v-mire-derevyannyu-neboskreb> (дата обращения 06.04.17)



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

*Рысалиев А. С.*

Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы,  
Республика Казахстан, iartur62@mail.ru

**Аннотация.** В статье проведено исследование устойчивости развития, урбанизированных территории на примере стран южно-азиатского региона, а также возникновения «умных городов» с использованием искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** устойчивое развитие, умные города, искусственный интеллект, параметрическая архитектура, имидж города.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF URBANIZED TERRITORIES**

*Rysaliev A. S.*

Kazakh Leading Architectural and Civil Engineering Academy, Almaty,  
Republic of Kazakhstan, iartur62@mail.ru

**Abstract.** The article studies the stability of the development of urbanized territories by the example of the countries of the South Asian region, as well as the emergence of "smart cities" using artificial intelligence.

**Key words:** sustainable development, smart cities, artificial intelligence, parametric architecture, city image.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Фактор скрытых возможностей, возможно, есть первоочередное условие для создания устойчивого и гармонично развивающегося города, как ядра урбанизированного региона. Отличительной особенностью таких регионов, является то, что они являются носителем инновационных внедрений как «умный город». Признак «умного города» как ответная реагирующая тенденция на интеллектуальную конкуренцию различных экономик. Возникновение новых технологий, носящих планетарный характер таких как «глобальный интернет» создают условия появления «полюса интересов». Формирование полюса интересов лежит в различных плоскостях, начиная от экономических и заканчивая политическими.

Привлекательность урбанизированных конгломераций носит множественный характер, если сравнивать такие города и государства как Сингапур, Малайзия, Индонезия, Тайвань то можно заметить, что социум этих городов резко отличается от других восточноазиатских стран.

Основная социальная прослойка представлена специалистами высокоинтеллектуального труда, связанного с передовыми технологиями в различных областях науки и техники, начиная от электроники и заканчивая фармакологией.

Перенос основного центра тяжести из области создания материального производства в область наукоемких, насыщенных информационными технологиями, коммуникациями и производством информационных продуктов и услуг. Электорат этих городов имеет несколько иные ценности, в отличие от населения традиционных городов. Высокие доходы и уровень жизни в виде проживания в современных кондоминиумах, пользования услугами современной медицины, обучения в передовых университетах, пользования экологически чистым и безопасным транспортом. Создают у них несколько иную точку зрения.

Современные технологии в виде концепций «интернета вещей», «больших данных», «облачного сервиса» и других передовых технологий, внедрённых в структуру городов, создают иную среду мышления. Среда, создающую новое «Качество жизни, возможности и свободы».

Транснациональная компания, «Cisco» активно продвигающая идею подключения к «новому интернету» в глобальном масштабе является проводником создания нового мира виртуальной реальности. Суть данного проекта состоит в создании цифровой архитектуры, наложенной на физическую архитектуру и реализованной в виде повсеместной беспроводной сети. Компонентами этой структуры являются такие продукты как умные вещи, облачный сервис, большие данные, носимые технологий, системы управления и другие.

В совокупности эти элементы технологий дают новое продвинуто-изменённую среду, возможно предшественника «киберпространства». В особенности это заметно на жителях «умных городов» таких стран как Япония, Южная Корея, несмотря на различные трудности в виде природно-климатического характера в Японии, политического в Южной Корее жители этих регионов «в особенности умных городов» позиционируют себя как носителей некоего механизма, обладающего исключительными возможностями. Секрет этих возможностей лежит во владении ими высоких профессиональных качеств и знаний. Позволяющих им даже при потере всех своих финансово-материальных ценностей оставаться уверенными и преуспевающими.

Период работы на «передовой науки и техники» создали у них тип иного мышления, позволяющего им бесконечно приспосабливаться и выживать в крайне жесткой конкурентной среде. Конечный продукт, является их аргументом в процессе конкурентирования, где потребитель сам выбирает, что ему нравится. Продукт высокотехнологического характера, созданный и упакованный в последних концепциях передового маркетинга и индустрий продаж. Создание качественно иного мира для проживания и работы на примере южнокорейского города Сонгдо.

На территории СНГ проект «Smart Astana», направленный на комплексную модернизацию инфраструктуры Астаны, по задумкам архитекторов, позволит создать горожанам гораздо более комфортные условия для работы и отдыха. За основу проекта взята модель развития европейских «умных» городов, основанная на взаимодействии шести характеристик: умная экономика, мобильный доступ, умная окружающая среда, умный климат, умная жилищная среда, умные люди.

Для дальнейшего продвижения подобных проектов по надобиться и продвинутые технологий аналогичные «БИМ» технологиям. Аналогом на Российской территории стал продукт «Ренга» созданный на российском софте «1С» который наиболее соответствует современным «БИМ» технологиям. Технология, с помощью которых возможно моделировать не только отдельно стоящие здания и сооружения, но и целые города. Создавать и проигрывать ситуаций для самых различных обстоятельств и случаев, созданную модель, возможно, разместить в различные движки игрового характера типа «Unreal Engine» тем самым иметь возможность просмотреть ситуацию максимально приближенную к действительности.

Моделей предназначенных к проигрыванию различных ситуаций в проектной практике преогромное множество. Начиная от «классических» линейных и радиальных городов и различных плавающих, летающих и т.д. Сравнивая модели всевозможных городов нельзя не заметить одну характерную деталь. Все они несут, признак концентрированности

большого количества людей в единую агломерацию под названием город и если в перспективе таких городов станет больше, « на примере Китая программа 500 умных городов» и они образуют единое целое под названием «Великая поднебесная».

То вероятно мы еще не совсем, ясно, себе представляем, что это несет в себе такое образование.

Свое видение высказывает в своей книге *Smart City, The Gateway to Business* ее автор Yosuke Mochizuki, сотрудник института чистых технологий Nikkei BP, утверждает, что старые модели просто не будет работать на этом новом рынке. Мы должны думать о реструктуризации и перенастройке наших городских сред, о том, чтобы они стали более разумными и более устойчивыми. И подходить к этому с тем же мышлением, с каким Google или Yahoo подошли к IT-революции в 1990-е годы.

Вероятно, к числу городов со старой моделью мы должны отнести и современные города, в которых проживаем сейчас. Категорирование на оцифрованные и нет, внесет элемент первичности и вторичности, на умные и не очень.

Элемент конкурентной информативности, мгновенного реагирования на любое нововведение в любой области жизнедеятельности, станет своего рода функциональным инструментарием умных городов. Вероятность появления такого явления как искусственный интеллект надо признать, как признак нового времени, присущий таким образованиям как умные города. Уникальность искусственного интеллекта как главного исполнителя и дирижера пространства города, вероятно, будет, лежат в основе умных городов. По утверждению Илона Маска вероятность того, что Искусственный Интеллект будет управлять, нашими городами весьма высока. Однако проблемы морально этического плана могут иметь место. В мировой литературе и кинематографе имеются различные интерпретаций этой ситуаций и не всегда с позитивной точки зрения. Значение и понимание искусственного интеллекта в такой специфичной сфере как градостроительство, имеет весьма важное свойство, как прямо противоположные элементы «объединение и конкуренция» находятся в одной структуре.

Смещение в сторону заводской готовности и модульной сборки, насыщение объектов элементами и технологиями «умный дом». Передовые методы энергосбережения становятся еще одной инновационной составляющей проектов. Переработка и очистка компонентов жизнедеятельности человека, становятся осуществимы с помощью новых технологии. Элементы футуристической архитектуры, вносят новую эстетику, делая её запоминающеюся и знаковой, что является весьма важным аспектом в конкурирующей среде активных городов. Параметрическая архитектура в стиле Заха Хадид возможно станет прообразом кибер пространственных городов. Структуры, умеющие само перестраиваться,

или менять свою конструкцию и форму будут представлять города будущего. В архитектуре Арабских Эмиратов наблюдается подобный аналог. Различные параметры в виде климатических, экономических и ряда других факторов сформируют конечный образ «Новых городов». Вплоть до футуристических, расположенных на околоземной орбите или вообще в космическом пространстве по утверждениям Илона Маска, эти времена не заставят себя долго ждать, в результате так называемого «интеллектуального скачка».

Инновация важнейший аргумент в перспективе создания состояния устойчивости и роста, уникальности объекта в использование эффекта, контрастности, эксклюзивности, исключительности, элитарности, эстетичности и других компонентов. Однако эпоха глобализаций весьма затрудняет создание и главное удержание позиций лидерства, обязательно найдётся кто-то, кто сделает дешевле, прочнее и красившее. Состояние устойчивого развития требует чего-то уникального, максимально конкурентоспособного и тематически обновляемого и здесь возможен метод использование эффекта «Скачка».

На примере Уральского региона, имеющего в своём активе несколько крупных городов, возможно создание карты тяготения и привлекательности, используя уникальные природно-климатические, экономические, исторические и ряд других скрытых факторов.

Относительно скрытых факторов, а к ним можно отнести историческое прошлое региона начиная от экзотических типа «параметрической кладки» и остатков очагов прошлых цивилизаций. Техническая составляющая, а она присутствует в этом регионе, была бы весомым доводом в создания «эффекта скачка», включающий в себя использование принципа «самый-самый», принцип «Дубай, Абу-Даби», принцип логики «Троянского Коня» и множества других, включая и финтех.

Переход на производство иных технологически эффективных продуктов, создающих конкуренцию мировым трендам. Научоемкое производство в союзе с исследовательской и научной работой, а также преподавательской деятельностью также послужило как вектор тяготения, устойчивого развития. Решающим фактором, конечно, стало бы экологическое состояние региона полностью переориентация на чистые технологии, это вероятно послужило основой развития всего региона. В мировой истории были аналогий, когда «эффект скачка» полностью менял всю составляющую всего региона, мышление населения, его позиционирование себя с позитивной, активной позиций.

Визитной карточкой вероятно является имидж города как основополагающей ступени для прыжка во что-то не изведано прекрасное и устойчивое, в выборе образа широкая гамма, начиная от техно-хайтековского корейского Сонгдо и заканчивая сказочно восточным Дубай-сити. Экологический чистый транспорт в континентальном климате. Концепция зеленого присутствия, очищения водного ресурса, возобновляемой энергий и других идеи

уже воплощенных в ряде проектов, могут быть использованы и в Уральском регионе, но с региональным признаком. Интеллектуальная начинка города, ведущего диалог с жителями города в согласиях с их действиями и желаниями.

Архитектура играет решающую роль, в визуальном контакте, создаёт его имиджевый образ. Образ, который будет сравниваться с другими городами и в перспективе, конкуренции будет формировать город с высоким качеством жизни, при сравнениях принимается во внимание доступность товаров, безопасность жизни, уровень образования и здравоохранения, культурная и экологическая привлекательность, а также эффективность инфраструктуры.

Важнейшими критериями стали безопасность (уровень преступности); вовлеченность в мировое сообщество; климат и количество солнечных часов; качество строений; развитость транспортной инфраструктуры; терпимость; хорошая экология; дизайн; условия для бизнеса; законодательство и здравоохранение. Долгое время верхушку олимпа занимали австралийские города, такие как Мельбурн, Сидней, Брисбен.

Однако южно-азиатские города тигры создали другой образ не менее привлекательный и конкурента способный даже несмотря на то, что в некоторых номинациях не могут даже близко конкурировать с австралийскими мегаполисами, однако это не снижает их туристическую и экзотическую привлекательность. Разнохарактерные кризисы, атакующие южно-азиатские тигров, только привили им мощный иммунитет, позволяющий создавать ситуаций нейтрализующие различные коллизий современного мира. Всевозможные проблемы как природного, демографического, политического и других факторов привело к возникновению сообщества с интеллектуальной элитой и продвинутым электоратом способным мгновенно перестроиться на любой вызов, будь то землетрясение или выброс нового продукта конкурирующей экономикой.

Общество открытости, взаимопонимания и взаимопомощи, вовлечения в мировое сообщество, возможно восточные культурные ценности и менторы, помноженные на технические инноваций подобные искусственному интеллекту, положенные в основу стратегий, принесут стабильность и развитие региональному развитию.

Создание уникальных продуктов, вхождение в рынки, воспитание интеллектуальной элиты, сохранение собственной аутентичности в региональных значениях.

Создание тактики и стратегии перспективного горизонта эволюций. Опережение и прогнозирование событий конкуренций, развитие научно технического потенциала, исследование перспективного рынка.



### Библиографический список

1. Син Хён Хвак Южная Корея: нелегкий путь к процветанию // Проблемы Дальнего Востока. — 1990. — № 5.
2. Былиняк С.А. (Ред.). Социально-экономическое развитие стран Юго-Восточной Азии: уроки для России. М., 1997.
3. Джордж Дж. Висксинс "Обвал" валютных рынков в Юго-Восточной Азии" <http://www.intellectualcapital.rll/issl-4/iccon.htm>, 1998.
4. Михеев В. "Азиатский финансовый кризис и его последствия" // Международная жизнь, 1999, №3, с.78-88
5. Пахомова Л. Юго-Восточная Азия. Неоднозначные подходы к глобализации // Азия и Африка сегодня, 2002, № 9, с. 33-36.
6. Животовская, И.Г. Мегалополисы в условиях глобализации: сборник обзоров и рефератов / И.Г. Животовская, Т.В. Черноморова. - М.: РАН. ИНИОН. Центр науч.-информ. исслед. глобал. и регион. пробл., 2008. - 178 с.
7. Берджесс Э. Рост города: введение в исследовательский проект / Эрнст Берджесс // Личность. Культура. Общество. – М., 2002. – С. 168-181. – (Т. 4, №1-2)
8. Caragliu A. Smart cities in Europe [Электронный ресурс]. / Caragliu A., Bo C., Nijkamp P. [Serie Research Memoranda]. – Amsterdam: VU University of Amsterdam, .2009. – 15 с. – Режим доступа: <ftp://zappa.ubvu.vu.nl/20090048.pdf>
9. М.К. Акагеев [Электронный ресурс] // Концепция умных городов. – (<http://www.energsovet.ru/stat850.html>).

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ ФАСАДЫ**

*Филимонова Н. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, phil-7@mail.ru

*Каганович Н. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, iris-blue@yandex.ru

**Аннотация.** Статья посвящена обзору светопрозрачных фасадных систем, используемых в современной архитектурной практике. Показано, что выбор фасадной системы зависит не только от требуемых теплотехнических и акустических характеристик, но также и от способа монтажа конструкции и сроков сдачи объекта. Также в статье рассмотрены отличия между светопрозрачными фасадами по конструктивным особенностям используемых систем и способу их закрепления к несущему остову здания. Светопрозрачные фасады должны не только формировать внешний облик, но и обеспечивать энергоэффективность здания в целом, что обеспечивается подбором систем по требуемым теплотехническим характеристикам в зависимости от климатических условий региона строительства.

**Ключевые слова:** светопрозрачные фасадные системы, стоечно-ригельный фасад, элементный фасад, спайдерное остекление, теплотехнические характеристики, энергоэффективность.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **TRANSLUCENT FACADES**

*Filimonova N. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, phil-7@mail.ru

*Kaganovich N. N.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, iris-blue@yandex.ru

**Abstract.** The article is devoted to the review of translucent facade systems used in modern architectural practice. It is shown that the choice of the facade system depends not only on the required thermal and acoustic characteristics, but also on the way of installation of the structure and the deadlines for the delivery of the facility. Also in the article the differences between translucent facades on the design features of the systems used and the way they are fixed to the bearing skeleton of the building are considered. Translucent facades should not only form an external appearance, but also ensure energy efficiency of the building as a whole, which is ensured by the selection of systems for the required thermal characteristics, depending on the climatic conditions of the construction region.

**Key words:** translucent facade systems, stick-built facade, unitized facade, spider glazing, thermal performance, energy efficiency.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В современной архитектурной практике светопрозрачные стены становятся все более популярным вариантом исполнения фасадов зданий как жилых, так и общественных, способствуя при этом максимально возможному использованию дневного света, окружающего пейзажа, формируя не только эстетический облик здания, но и комфортные внутренние условия для деятельности человека.

В независимости от того, является ли светопрозрачная стена примером исполнения стоечно-ригельного фасада, элементного фасада, спайдерного остекления, а также витриной или ленточным остеклением в проем, все эти светопрозрачные фасадные системы могут обеспечить привлекательный внешний вид для любого здания.

На сегодняшний день фасадные системы остекления во многом формируют оболочку здания, исходя из противопожарных требований, теплотехнических и акустических характеристик, а также в некоторых случаях требований по устойчивости к взрывам и землетрясениям. Крайне важно постоянно быть в курсе последних тенденций и новых разработок в области светопрозрачных конструкций и использовать эти знания при проектировании новых объектов и реконструкции старых, чтобы обеспечить высочайший уровень качества конечного продукта.

Для проектирования важно понимать основные конструктивные отличия между системами светопрозрачных фасадов, а также разницу в способе возведения на объекте.

Навесной элементный фасад (рис. 1 [1]) состоит из укрупненных блоков, собираемых в заводских условиях и доставляемых на строительную площадку. Монтаж такого фасада осуществляется изнутри здания и эквивалентен по времени примерно одной трети времени от монтажа навесного стоечно-ригельного фасада. Поэтому элементный фасад хорошо подходит для высотных сооружений, где необходимы высокие затраты на сооружение лесов, или используется большой объем повторяющихся по размерам элементов, или объект должен быть сдан в очень сжатые сроки.



Рис. 1. Применение элементного фасада: 1 – Schuco USC 65;  
2 – Штаб-квартира Torre Telefonica. Барселона, Испания



Рис. 2. Применение стоечно-ригельного фасада: 1 – Schuco FW 50+.HI; 2 – Библиотека и учебный центр Wirtschaftsuniversität Wien, Вена, Австрия.

В подавляющем большинстве случаев в зданиях малой и средней этажности со светопрозрачными стенами используется стоечно-ригельная фасадная система (рис. 2 [1]), которая состоит из вертикальных элементов – стоек, крепление которых осуществляется с помощью кронштейнов к плитам перекрытия, и горизонтальных элементов – ригелей, располагаемых между стойками для передачи нагрузки от стеклопакета на несущую конструкцию. В отличие от элементного фасада, монтаж и остекление стоечно-ригельного фасада производится непосредственно на строительной площадке. Такой фасад прекрасно подходит для зданий с небольшими строительными объемами и менее сложными условиями возведения.

Между тем ленточное остекление в проем (рис. 3 [1]) – это фасадная система, которая располагается между плитами перекрытия. Такое остекление может быть смонтировано от плиты до плиты внутри самого здания, что повышает скорость и простоту установки. Особенность системы в том, что она обеспечивает максимальную прозрачность благодаря слиянию створок и несущей конструкции: глухие поля и элементы открывания снаружи неразличимы.

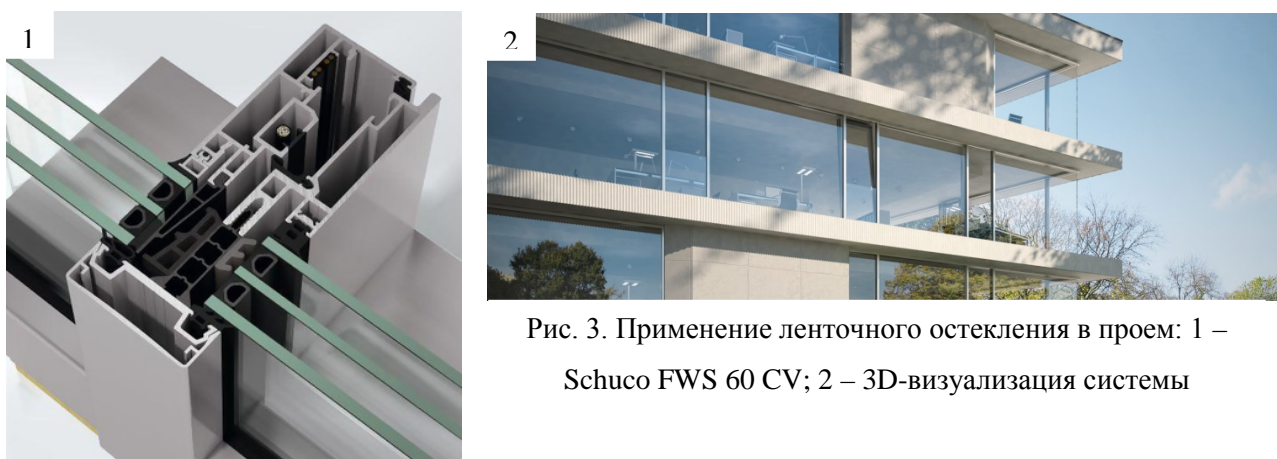


Рис. 3. Применение ленточного остекления в проем: 1 – Schuco FWS 60 CV; 2 – 3D-визуализация системы



Спайдерные системы остекления (рис.4) [2] – наиболее популярное решение чаще для холодных светопрозрачных фасадов, в том числе входных групп, атриумов и холлов – изготавливаются такие системы из закаленного или теплоупрочненного стекла (с отверстиями или без отверстий), закрепляемого на конструкции с помощью болтовых или зажимных держателей. Опорная конструкция при этом может представлять собой стальные трубы, стеклянные ребра или тросы и стержни нержавеющей стали.

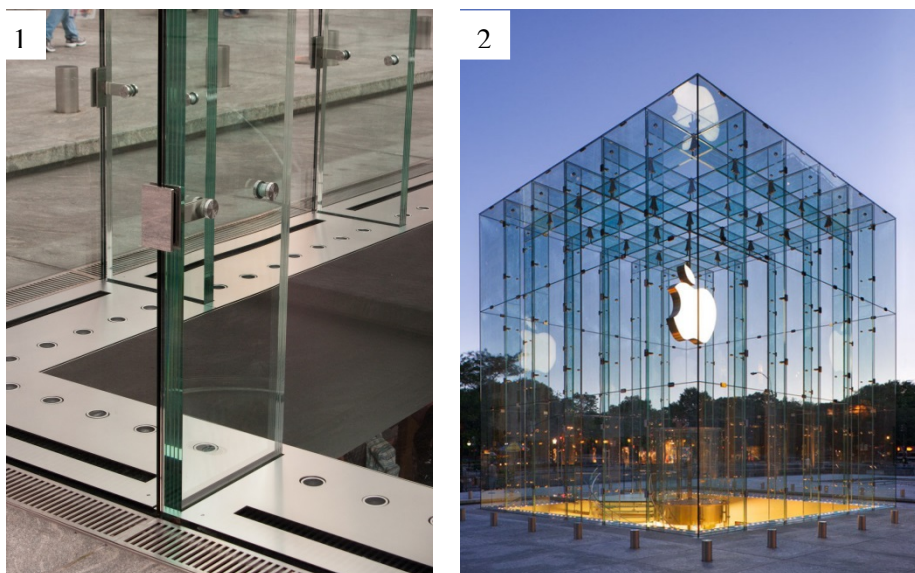


Рис. 4. Применение спайдерного остекления: 1 – Опорное стеклянное ребро спайдерного остекления; 2 – Apple Store. Нью-Йорк, США

Для проектирования светопрозрачных систем необходимо произвести статический расчет, для которого необходимы данные по нормативной ветровой нагрузке, зависящей от региона строительства, по типу местности (открытое пространство, либо городская застройка), высоте установки системы, точкам закрепления на фасаде, а также данные по возможным сейсмическим нагрузкам. Кроме того, конструкция также зависит от размера стеклопакетов и толщины стекол, закладываемых в проекте. Расчет стоек и ригелей фасадной системы ведется в соответствии с СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия» [3].

Кроме требований по статике, к светопрозрачному фасаду предъявляются требования по приведенному сопротивлению теплопередаче ограждающей конструкции. Именно теплотехнические характеристики системы отвечают за энергоэффективность здания в целом. Требуемое сопротивление теплопередаче конструкции зависит от климатических условий региона строительства и определяется в соответствии с СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» [4].

Также следует всегда учитывать, что проектирование светопрозрачного фасада в большей части территории России необходимо вести с учетом круглогодичного цикла

эксплуатации в условиях континентального и резко континентального климата – с достаточно высокими температурами летом и, соответственно, низкими зимой. Это заставляет задуматься не только об обеспечении требуемых теплотехнических показателей, но и об экономии энергопотребления на отопление и кондиционирование здания. Например, чем больше будет приведенное сопротивление теплопередаче выбранной фасадной системы, тем теплее будет ограждающая конструкция, и тем меньше будут затраты на отопление здания. А правильный выбор энергосберегающего стеклопакета позволит сократить затраты на кондиционирование, так как он будет защищать внутренние помещения от перегрева в теплый период года.

В заключение можно отметить, что светопрозрачные фасады по показателям энергоэффективности и созданию комфортной внутренней среды помещений являются вполне конкурентоспособными традиционным ограждающим конструкциям в районах с различными климатическими условиями.

### **Библиографический список**

1. Official Schuco website. Available at: <https://www.schueco.com>
2. iDesignArch. Available at: <http://www.idesignarch.com/apple-store-fifth-avenue-new-york/>
3. Свод правил: СП 20.13330.2011 Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85\*: нормативно-технический материал. – Москва [б.и.], 2011. – 80с.
4. Свод правил: СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003: нормативно-технический материал. – Москва [б.и.], 2012. – 95с.
5. Continuing education. Available at: <https://continuingeducation.bnpmmedia.com/courses/cladiators/first-impressions/5/>
6. Здания и сооружения со светопрозрачными фасадами и кровлями. Теоретические основы проектирования светопрозрачных конструкций / И.В.Борискина, А.А.Плотников, А.В.Захаров и др. – Санкт-Петербург: Инженерно-информационный Центр Оконных Систем, 2012 – 400 стр. с илл.
7. Patriot-nrg. Енергозбереження в будівлях. Available at: <http://www.patriot-nrg.ua/ukr/savings/view/27>
8. Schuco technical information. Available at : <http://docucenter.schueco.com>



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТЕРРИТОРИИ И  
ОБЪЕКТЫ В УСТОЙЧИВОМ  
АРХИТЕКТУРНО-  
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОМ  
ПРОЕКТИРОВАНИИ**

*Харитонов Д. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, daniel.kharitonov@gmail.com

**Аннотация.** В данной статье представлена к рассмотрению актуальная проблема сохранения и воссоздания исторического и культурного наследия, включая промышленные объекты и территории, в различные периоды отечественной истории. Раскрывается понятие устойчивого развития в архитектуре и градостроительстве, а также причины и основания становления данной концепции. Приводятся принципы, тенденции и подходы, сложившиеся в теории и практике в настоящий момент и, которые определяют характер архитектурных и градостроительных решений в области устойчивого развития. Определяется значимость редевелопмента промышленных территорий и объектов, с позиции устойчивого развития и ограниченности территориальных ресурсов в мировом масштабе.

**Ключевые слова:** историко-культурное наследие, промышленные территории и объекты, устойчивое развитие, архитектурно-градостроительное проектирование, редевелопмент.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **INDUSTRIAL SITES IN SUSTAINABLE ARCHITECTURAL DESIGN AND URBAN PLANING**

*Kharitonov D. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, daniel.kharitonov@gmail.com

**Abstract.** This paper presents to the consideration of the topical problem of preserving and regeneration the historical and cultural heritage, including industrial sites in different periods of history. Reveals the concept of sustainable development in architecture and urban planning, as well as the causes and reasons for the formation of this concept. Is determined by the trend of redevelopment of industrial areas and sites from the perspective of sustainable development. Determined the importance of redevelopment of industrial territories.

**Key words:** historical and cultural heritage, industrial sites, sustainable development, architectural design, urban planning, redevelopment.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## Введение

В новых, современных условиях, формирующейся культуры информационного общества, когда со стремительной динамикой трансформируемая городская среда и претерпевает необратимые изменения, особую значимость приобрела проблема сохранения и воссоздания исторического культурного наследия городов, их неповторимого облика. Промышленная застройка, выполняя градообразующую функцию, активно влияет на формирование архитектурного облика городов. Она оказывает эмоциональное воздействие на человека, благодаря своим параметрам и специфическим типологическим характеристикам архитектурных форм, вносит дополнительное разнообразие в архитектурную композицию улиц и площадей. Историко-культурная ценность промышленных объектов оказывает позитивное эмоциональное воздействие на человека. Реализация тенденций редевелопмента промышленных территорий и объектов, с позиции устойчивого развития позволяет в некоторой степени разрешить поставленную проблему.

### **Проблема сохранения и воссоздания исторического культурного наследия**

Проблема сохранения и воссоздания исторического культурного наследия в той или иной степени поднималась в разные периоды отечественной истории. В конце XVIII века и далее – в эпоху промышленной революции XIX – начала XX вв. – развитие городов основывалось на новом строительстве и значительном уплотнении застройки, что требовало сохранения и продолжения сложившихся планировочных структур, разработки генеральных планов, учитывавших связи исторических архитектурных ансамблей и памятников прошлого с новой застройкой городских улиц, кварталов, площадей. В советский период, при массовом внедрении индустриальных методов строительства, темпах урбанизации и централизованном планировании рассматриваемая проблема еще более обострилась. Потребовались особые правовые мероприятия, которые включали принятие законов, разработку и внедрение нормативов и специальных методик проектной деятельности.

С началом XXI века на первый план стали выходить задачи эффективного использования городских территорий, при котором обеспечивается привлечение инвестиций в процессы развития указанных территорий. Эти задачи связаны с необходимостью взаимосвязи интересов различных субъектов градостроительной деятельности с главными приоритетами развития городов, с необходимостью согласования мнений различных специалистов и групп населения. В результате этого, в последние годы, в городах Российской Федерации активно ведется разработка стратегий пространственного и социально-экономического развития, первостепенной целью которых является сбалансированное развитие территорий.

Особый интерес в отношении стратегий пространственного развития (СПР) представляет СПР города Екатеринбурга, как наиболее разработанная на настоящий момент. В ходе ее разработки был проведен ряд проектных сессий с жителями города и иностранными экспертами, а также проект «100 мыслей о Екатеринбурге», целью которого было определение ценностей Екатеринбурга и профессионального видения его развития.

В интервью «Люди обеспокоены, что они могут утратить какие-то ценности» [1] Тимур Абдуллаев, член градостроительного совета г. Екатеринбурга, основатель и куратор ШГА, ранее главный архитектор г. Екатеринбурга изложил некоторые положения по СПР: «Когда мы делали проект «100 мыслей о Екатеринбурге», мы попытались сформулировать матрицу тех ценностей, которые в городе есть сейчас, а также негативных последствий развития, которых город должен избегать, по мнению жителей. Самое парадоксальное – пункты во многом совпали. ... В Екатеринбурге много территорий, которые не вовлечены в оборот. Множество коммунальных и промышленных площадок не функционируют первичным образом. Конечно, заниматься развитием таких территорий сложно. Нужно обращать внимание на большее количество нюансов, требуется редевелопмент, поиск новых сценариев. ... Когда мы говорим о том, для чего нам стратегия пространственного развития, мы говорим о повышении качества городской жизни, о повышении качества городской среды в глобальном смысле. А повышение этого качества возможно только за счет концентрации. То есть мы должны тратить финансовые и ресурсные потенциалы в городе. Не растаскивать их по периферии, а в первую очередь улучшать качество сложившейся городской среды. Да, это будет дороже, но это даст больше эффекта, потому что мы сохраним компактность города. Потенциал развития города сейчас не задействован в полной мере. Так мы формулируем еще одну цель стратегии – направить развитие внутрь города, чтобы поднять качество жизни» [1].

#### **Тенденция редевелопмента промышленных территорий и объектов, с позиции устойчивого развития в архитектуре и градостроительстве**

«Направляя развитие внутрь города» необратимо возникает тенденция по преобразованию старых производственных территорий, которая наметилась еще в 1950–1960 гг. XX века в Европе и Америке, когда деградирующие промышленные территории городов, имеющие доступ к транспортным магистралям вновь обрели свою привлекательность в связи с нехваткой свободных территорий в пригородах. К концу XX столетия с развитием мировой экономики наступил период, когда преобразование промышленной инфраструктуры становится всеобъемлющим явлением.

В тоже время, к концу 1960-х гг. в мире сформировалось понимание экологической напряженности. В индустриальный период развития общества, в контексте социально-

экономического роста, ориентированного на быстрые темпы индустриализации и урбанизации, растущие потребности мирового сообщества, симптоматичной стала невозможность биосферы обеспечить данные потребности. Многие исследователи стремились выявить тенденции социально-экономического развития и вероятные экологические последствия, как для отдельных регионов, так и для всего мира. Впоследствии чего разрабатывались глобальные и региональные модели развития, создавались международные неправительственные научные организации по изучению глобальных процессов. Логическим следствием происходящих в то время процессов явилась концепция устойчивого развития.

Деятельность, проводившаяся в рамках Римского клуба с 1968 года [2–6] во многом способствовала становлению и разработке концепции устойчивого развития. Значительный толчок в этом направлении дала работа "Пределы роста" [5], привлекая самое широкое внимание к глобальным экологическим проблемам.

В 1987 году Всемирная комиссия ООН по окружающей среде и развитию обострила вопрос о необходимости поиска новой модели развития, опубликовав доклад «Наше общее будущее», где было введено понятие «устойчивое развитие» (sustainable development) в следующей трактовке: «устойчивое развитие – это развитие, которое удовлетворяет потребности настоящего времени, но не ставит под угрозу способность будущих поколений удовлетворять свои потребности» [7].

В архитектурно-градостроительной теории и практике в настоящее время нет однозначного определения понятия устойчивого развития, но наиболее перспективной может быть формулировка, предложенная Г. В. Есауловым: «Устойчивая архитектура (sustainable architecture) – архитектура, имеющая программой непротиворечивое единство эстетических позиций автора и времени и социально-экономических, инженерно-технологических и природно-экологических требований, базирующихся на принципах устойчивого развития, полнота воплощения которых определяется принятыми в мировой практике и практике страны требованиями рейтинговых систем оценки устойчивости среды обитания» [8].

Значение устойчивого развития в архитектуре и градостроительстве постоянно растет. Специалисты выделяют различные принципы устойчивой архитектуры, поэтому совокупность принципов различна в каждом отдельном источнике. В статье Салминой О.Е. «Принципы создания устойчивой архитектуры» обобщены и выделены основные положения, определяющие характер решений в области устойчивого развития архитектуры и градостроительства [9]:

– поддержание экологического равновесия между естественными и искусственными компонентами (В. А. Нефедов);

- переход к малоотходным или безотходным промышленным и строительным технологиям (Я. Ю. Усов);
- применение сомасштабных конструктивных и объемно-пространственных решений, вписанных в контекст природной среды (Н. А. Сапрыкина);
- экономичность, возведение экономически выгодных архитектурных объектов (А. Н. Ремизов);
- снижение потребления ресурсов, совершенствование градостроительных решений путем использования энергоэффективных технологий, энергосбережение и использование возобновляемых природных источников энергии (Ю. А. Табунщиков);
- повышение физического и психического комфорта людей путем улучшения функциональных, микроклиматических и эстетических параметров среды обитания (В. В. Шилин);
- природосообразность, внедрение природного компонента в структуру здания, использование растительности как средообразующего фактора (Г. В. Есаулов);
- ориентация на региональные компоненты, ориентация на местные природные, ландшафтные и культурные условия (А. Н. Тетиор);
- целостность архитектурно-пространственных решений, основанных на комплексном соединении всех компонентов (Д. И. Марков).

Помимо изложенных положений, в статье «Устойчивое развитие городов и экологическая архитектура» Булгач Р.В. выявил две основные тенденции, которые определяют направление развития градостроительства и преобразования существующих городов [10]:

1. Тенденция первая. Новейшие технологии (робототехника, компьютеризация, цифровые, а в скором времени и нанотехнологии) сделают промышленное производство сверхпроизводительным и предельно компактным.

2. Тенденция вторая. Политика энергосбережения, преимущественный переход на возобновляемые источники энергии сделают производство экологически чистым, что откроет путь к ренатурализации, то есть возвращению природы в города и поднимет на новый качественный уровень взаимоотношение человека с окружающей средой.

В соответствии с первой тенденцией автором статьи выделены четыре основных подхода к преобразованию промышленных объектов и их территорий:

- полная ликвидация промпредприятий или вынос за пределы города, включение освободившихся территорий для включения их в городское общественное пространство, строительство парков, озелененных зон;

- реконструкция и модернизация промышленных территорий с преимущественным приспособлением зданий под новые функции;
- сохранение основного назначения промзоны с существенным сокращением территории и переходом на новые технологии в соответствии с принципами экологической архитектуры;
- переход промышленной территории в статус памятника промышленной архитектуры с реставрацией наиболее ценных объектов путем модернизации под культурные, развлекательные, познавательные функции, возможно возведение новых построек в рамках статуса.

### **Заключение**

В настоящее время многочисленные промышленные зоны в России находятся в упадке, а редевелопмент становится все более глобальным и актуальным с позиции устойчивого развития и ограниченности территориальных ресурсов в мировом масштабе. Чтобы предотвратить их дальнейшую внутреннюю и внешнюю деградацию, необходимо реабилитировать промышленные территории путем их интеграции в сложную структуру города, адаптации к новым градостроительным и экономическим процессам. При этом преобразование промышленных территорий должно соответствовать современным принципам, тенденциям и, следующих из них, подходам устойчивого развития.

### **Библиографический список**

1. Главный архитектор Екатеринбурга – о дисбалансах в развитии города и о новой стратегии [Электронный ресурс]. - Режим доступа: [https://www.znak.com/2016-12-09/glavnyy\\_arhitektor\\_ekaterinburga\\_o\\_disbalansah\\_v\\_razvitii\\_goroda\\_i\\_o\\_novoy\\_strategii](https://www.znak.com/2016-12-09/glavnyy_arhitektor_ekaterinburga_o_disbalansah_v_razvitii_goroda_i_o_novoy_strategii). html (дата обращения: 11.05.17);
2. Печчеи А. Человеческие качества / пер. с англ. – М.: Прогресс, 1980. с. 35;
3. Пестель Э. За пределами роста / пер. с англ. – М.: Прогресс, 1988. – 272 с.;
4. Тинберген Я. Пересмотр международного порядка. М.: Наука, 1980. 198 с.;
5. Медоуз Д.Х., Медоуз Д.Л., Рандерс Й. Пределы роста. -М.: Прогресс, 1994. –314 с.;
6. Хохлова Г.А. Глобальные проблемы человечества (по докладам Римского клуба) // Вестник МГУ. Сер. Экономика. 1996. № 2. с. 24-37.;
7. «Наше общее будущее»: Доклад Международной комиссии по окружающей среде и развитию (МКОСР): пер. с англ./под ред. и с послесл. С. А. Евтеева и Р. А. Перелета. М.: Прогресс, 1989. с. 379;
8. Есаулов Г. В. Устойчивая архитектура — от принципов к стратегии развития [Текст] / Есаулов Г. В. // Вестник ТГАСУ. – 2014. – 6. – с. 9–23.;
9. Салмина О. Е., Быстрова Т. Ю. Принципы создания устойчивой архитектуры [Текст] / Салмина О. Е., Быстрова Т. Ю. // АКАДЕМИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН. – 2001. – 4. – с. 36-40.;



10. Булгач, Р.В. Устойчивое развитие городов и экологическая архитектура [Текст] / Булгач, Р.В. // Устойчивая архитектура: настоящее и будущее. Труды международного симпозиума. – 2011. – Москва: МАРХИ, группа КНАУФ СНГ, – 2012. – 600 с., с. 236-249.

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМФОРТНОЙ  
СРЕДЫ ДЛЯ ЖИЗНИ ЧЕЛОВЕКА**

**CREATING COMFORTABLE  
ENVIRONMENT FOR HUMAN LIFE**

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРКАСНО- ТЕНТОВЫХ СООРУЖЕНИЙ**

*Алексеева А. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [alekseeva.alexandra@mail.ru](mailto:alekseeva.alexandra@mail.ru)

*Таначева Ю. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [tanachiova@icloud.com](mailto:tanachiova@icloud.com)

*Морозов А. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [a.kolotun@mail.ru](mailto:a.kolotun@mail.ru)

*Ушаков М. Г.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [paritet.m@mail.ru](mailto:paritet.m@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрены достоинства и недостатки современных каркасно-тентовых сооружений. Установлено, что на строительном рынке есть предложения отапливаемых сооружений, выполненных со слоем тепловой изоляции, так и без слоя теплоизоляции. Отсутствует прикладная инженерная методика расчета для определения теплотерь таких сооружений. Существующие подходы не всегда дают корректные результаты, приводящие к перерасходу или дефициту тепловой энергии на объекте. В данной работе было рассмотрено реальное каркасно-тентовое сооружение без теплоизоляционного слоя в г. Екатеринбург, оборудованное системой воздушного отопления. В ходе натурных обследований из тепловоздушного баланса были определены реальные трансмиссионные теплотери, превышающие фактическую мощность системы отопления на объекте. Также установлено, что приведенный

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

коэффициент теплопередачи каркасно-тентовых сооружения,  
превышает нормативные значения тепловой защиты.

**Ключевые слова:** каркасно-тентовые сооружения, коэффициент  
теплопередачи, тепловоздушный баланс, теплопотери.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **RESEARCH OF HEAT CHARACTERISTICS OF FRAME-TENT STRUCTURES**

*Alekseeva A. Yu.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, alekseeva.alexandra@mail.ru

*Tanacheva Yu. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, tanachiova@icloud.com

*Morozov A. Yu.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, a.kolotun@mail.ru

*Ushakov M. G.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, paritet.m@mail.ru

**Abstract.** Advantages and disadvantages of modern frame-tent constructions are considered in the article. Established there are some market offerings of heated buildings with a layer of thermal insulation, and without it. Now, there is no applied engineering calculation technique to define the heat losses from frame-tent constructions. Existing approaches don't allow to produce the correct results. It leads to exceeding or deficit of thermal energy supply in the building. In this work the real frame-tent building without a thermal insulation in Yekaterinburg equipped with an air heating system is considered. In the course of natural surveys, real transmission losses were defined from the heat and air balance. This value is exceeding the real capacity of the heating system in the building. It is also established, that the obtained coefficient of heat transfer of frame-tent structures is higher than normative values of thermal protection.

**Key words:** frame-tent structures, coefficient of heat transfer, heat and air balance, heat losses.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В настоящее время на строительном рынке широкое распространение получило строительство каркасно-тентовых сооружений (быстровозводимые ангарные тенты) (рис. 1).



Рис. 1. Общий вид каркасно-тентового сооружения

Конструкция данных сооружений представляет собой металлический каркас, с одним или двумя слоями высокопрочного тентового покрытия, выполненного из специальной плотной ( $750-1050 \text{ г/м}^2$ ) синтетической ткани из поливинилхлорида.

Широкое распространение каркасно-тентовых сооружений (далее КТС) обусловлено рядом достоинств.

1. Экономичность – невысокая капитальная стоимость, по сравнению с традиционными методами строительства, обусловленная минимальными затратами времени и средств для возведения КТС. Сюда можно отнести отсутствие необходимости прохождения экспертизы проектной документации.

2. Мобильность – конструкция сооружения позволяет легко собирать и разбирать его без потери технических и эксплуатационных характеристик. Это дает возможность переносить КТС без больших финансовых потерь.

3. Технические характеристики – данные сооружения проектируются и возводятся из легких материалов, которые характеризуются пожаробезопасностью, прочностью, устойчивостью к механическим повреждениям.

4. Многофункциональность – каркасно-тентовые сооружения могут использоваться для различных целей. Возможно их дальнейшее расширение, дополнение, модификация.

5. Простота монтажа – не требуется подготовка площадки и сложное оборудование для установки.

6. Ремонтопригодность – легко и быстро поддаются ремонту: ткань в любое время может быть заменена на новую.

7. Большие площади – возможность охвата больших площадей с минимальным количеством внутренних жестких элементов.

С другой стороны, можно выделить и характерные недостатки данных сооружений:

- ПВХ мембрана не обладает антивандальными признаками;
- тентовые сооружения подвержены колебаниям тента (вибрации) под действием ветровых нагрузок;
- наличие большого количества теплопроводных включений, сложность их закрытия в швах тента;
- повышенная инфильтрация и эксфильтрация и как следствие затраты на нагрев (охлаждение) инфильтрующегося наружного воздуха;
- сложность организации систем отопления и вентиляции, связанная с учетом реальных показателей тепловой защиты КТС, а также учетом воздушных потоков у поверхностей наружных ограждений.

Несмотря на низкие показатели тепловой защиты КТС, ряд производителей предлагают установку этих сооружений без использования специального теплоизоляционного слоя, в том числе в климатических условиях районов Урала и Сибири. Опыт эксплуатации подобных технических решений показал ухудшение отклонения температурного режима (выхолаживание) здания, а также перерасход тепловой энергии по сравнению с проектными показателями.

Очевидно, что обоснованный выбор типа и толщины слоя теплоизоляционного материала позволит корректно определить требуемую тепловую мощность систем отопления и вентиляции. В связи с этим, определение реального приведённого коэффициента теплопередачи каркасно-тентового сооружения является актуальной прикладной задачей.

Проблемы энергоэффективности здания с наружными ограждениями с воздушной прослойкой рассмотрены в работах В. Н. Богословского [1]. Однако в этих расчетах приведены теплотехнические свойства замкнутой воздушной прослойки между наружными ограждениями (кирпичными стенами) с достаточным термическим сопротивлением, и обладающими существенной тепловой инерцией. Вопросы определения теплотехнических характеристик каркасно-тентовых сооружений также освещены в публикациях А. Б. Федорова и А. И. Тютюнникова [2,3].

При теплотехнических расчетах КТС известен формальный подход использования нормативных значений коэффициентов теплоотдачи  $\alpha$ , Вт/(м<sup>2</sup>°С), внутренней и наружной поверхности наружных ограждений. Однако такой подход не рассматривает движения конвективных потоков воздуха внутри межтентового пространства, воздействия ветра,



соотношение высоты и толщины, а также угла наклона воздушной прослойки. Все эти факторы имеют влияние на формирование реальных коэффициентов теплоотдачи

Целью данной работы была экспериментальная оценка теплотехнических характеристик отапливаемого каркасно-тентового здания.

Для достижения цели поставлены следующие задачи:

- измерения параметров тепловоздушного баланса здания;
- расчет трансмиссионных тепловпотерь через оболочку здания;
- расчет приведенного коэффициента теплопередачи КТС.

Для определения коэффициента теплопередачи были проведены измерения температур и скоростей воздушных потоков и составлен тепловоздушный баланс каркасно-тентового сооружения в г. Екатеринбург (рис. 2).

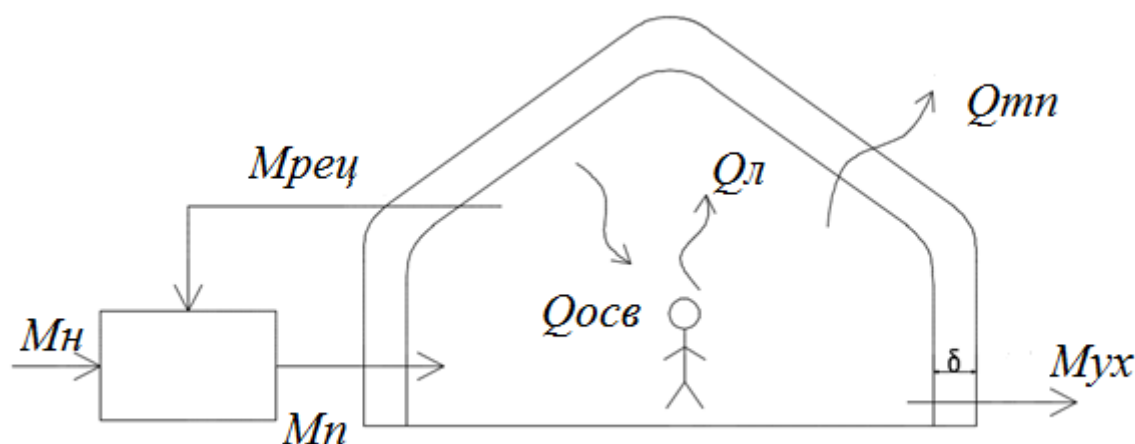


Рис. 2/ Схема тепловоздушного баланса:  $M_n$ ,  $M_n$ ,  $M_{pec}$ ,  $M_{ux}$  – массовые расходы соответственно наружного, приточного и циркуляционного воздуха, кг/с;  $Q_{осв}$ ,  $Q_l$  – теплопоступления от освещения и людей;  $Q_{mn}$  – трансмиссионные тепловпотери через наружные ограждения, Вт;  $\delta$  – толщина воздушной прослойки межтентового пространства, м

В здании реализовано воздушное отопление, совмещённое с приточно-вытяжной вентиляцией с частичной рециркуляцией. Расход приточного воздуха преобладает на расходом вытяжного: внутри сооружения создается избыточное давление: воздух удаляется через неплотности примыкания тентового покрытия к фундаменту с температурой рабочей зоны ( $t_{wz} = +18^\circ\text{C}$ ). Был произведен замер параметров воздуха в каркасно-тентовом сооружении спортивного назначения (табл. 1).

Измерения параметров тепловоздушного баланса

№ п/п	Точка измерения	Скорость, м/с	Размеры, мм	Температура, °С
1	Рециркуляционная решетка	4,4–4,58	1400x800	20
2	Выходной патрубок приточной установки	-	Ø1250	43,6
3	Воздухозаборная решетка	3,45–3,6	1950x950	0,5
4	Рабочая зона			17,8–21
5	Межтентовое пространство			10,4

\*измерительные приборы: поверенный многофункциональный прибор testo-435-3 (анемометр); ртутные лабораторные термометры типа ТЛ-1.

Из тепловоздушного баланса было определено значение тепловых потерь здания в переходные условия, что составляет 352 кВт ( $t_{ext} = 0,5^{\circ}\text{C}$ ). При пересчете значения теплотерь на расчетные условия ( $t_{ext} = -32^{\circ}\text{C}$ ) тепловая мощность оборудования должна составить примерно 1,05 МВт. На данном объекте установлен теплогенератор для компенсации расчетных теплотерь 363 кВт ( $t_{ext} = -32^{\circ}\text{C}$ ). Очевидный опыт эксплуатации сооружения показывает дефицит теплоты в холодный период года для поддержания требуемой температуры воздуха в рабочей зоне.

В результате приведенный коэффициент теплопередачи наружного ограждения КТС составил 3,35 Вт/(м<sup>2</sup>·°C). В источнике [4] присутствует информация о величине коэффициента теплопередачи равной 2,14 Вт/(м<sup>2</sup>·°C), что расходится с полученными данными. Оба значения превышают коэффициенты теплопередачи, полученные с использованием норм тепловой защиты [5]: 0,362 Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для стен; 0,271 Вт/(м<sup>2</sup>·°C) – для покрытий. Это показывает, что использование слоя дополнительной тепловой изоляции в таких сооружениях необходимо.

### Выводы

1. Использование нормативных коэффициентов теплоотдачи на поверхностях наружных ограждений для определения теплотерь каркасно-тентовых сооружений дает некорректные результаты;

2. Выявлено отсутствие прикладной инженерной методики расчета приведенного коэффициента теплопередачи наружных ограждений каркасно-тентовых сооружений и их энергетических показателей; разработка такой методики, основанной на закономерностях тепло- и массообмена является актуальной и перспективной задачей.

### Библиографический список

1. Богословский В.Н. Строительная теплофизика / В.Н. Богословский. М.: Высшая школа, 1982. 415 с.

2. <http://www.tent-pro.ru/zakazchiku-bystrovozvodimyh-zdanii/Osobennosti-proektirovanija-sistem-otoplenija>
3. <http://www.tent-pro.ru/zakazchiku-bystrovozvodimyh-zdanii>
4. <http://www.tent-pro.ru/zakazchiku-bystrovozvodimyh-zdanii/Osobennosti-proektirovanija-sistem-otoplenija>
5. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. М.: Минрегион России, 2012. 96 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**МАЛЕНЬКИМИ ШАГАМИ К ЗДОРОВЬЮ  
НАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ ДЕТСКИХ  
ИГРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ  
Г. ЕКАТЕРИНБУРГА)**

*Белоусова И. А.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, belousova\_ilona@bk.ru

*Кашпар К. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, konarisles@mail.ru

*Игнатьева В. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, ignatyeva\_vo@list.ru

*Ибрагимов И. А.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, ibria@yandex.ru

**Аннотация.** В статье проводится анализ малых спортивных объектов и детских площадок г. Екатеринбурга и факторов, способствующих физическому развитию детей и взрослых, а также укреплению их здоровья. Обосновывается проектное предложение детской площадки, разработанное в рамках курсового архитектурного проектирования в УрГАХУ - спортивно-игрового пространства, предназначенного для духовного и физического развития подрастающего поколения.

**Ключевые слова:** архитектура спортивных сооружений, детская игровая площадка, открытое пространство, трансформация, здоровье, спорт, моделирование.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**LITTLE BY LITTLE TO A HEALTHY NATION  
(EXAMPLE OF A CHILDREN'S  
PLAYGROUND)**

*Belousova I. A.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
belousova\_ilona@bk.ru

*Kashpar K. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, konarisles@mail.ru

*Ignatyeva V. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ignatyeva\_vo@list.ru

*Ibragimov I. A.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ibria@yandex.ru

**Abstract.** This article was made to provide people with some possible ways and benefits of development of some playground areas in Ekaterinburg. It reveals some perfect decisions that could help to create an excellent modern playground with the best spiritual and physical experience that children can get. Ultimately, a children's sports and playing space was developed within the framework of the course of architectural project in the USUAA for the favorable spiritual and physical development of the younger generation.

**Key words:** architecture of sport facilities, a children's playground, open air, a transformation, health, sport, modeling.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В современной России особенно остро стоит проблема развития культурно-спортивного потенциала детей и подростков. Ситуация приобретает отрицательный характер; очевидно отставание нашей страны от стран Европы, Азии и США в вопросах развития массового спорта и физической подготовки юных граждан. Серьезные последствия подобного отставания видны уже сегодня, а в будущем, несомненно, приобретут еще более заметный характер. Если на мировой арене России пока удастся показывать высокие результаты (первое место на зимней Олимпиаде в Сочи в 2014 г.), то в повседневной жизни среднестатистический молодой россиянин зачастую не имеет особого желания или возможности заниматься спортом, предпочитая ему компьютер и Интернет.

Несмотря на то, что решением этой проблемы активно занимаются многие государственные и частные коммерческие предприятия, почти все средства уходят на улучшение спортивных показателей лишь профессиональных спортсменов путем создания закрытых платных спортивных площадок, фитнес-центров, дворцов спорта, на посещение которых у обычного горожанина чаще всего не хватает средств. Актуальность проблемы здоровья и физического развития подрастающего поколения и всей нации в целом бесспорна. По данным статистики, процент населения Свердловской области, вовлеченный в ту или иную спортивную активность, в 2006 г. составлял всего 13 %, в 2010 г. – 16 %; а целью к 2015 г., по данным Программы социально-экономического развития Свердловской области, является 30 % [8]. Однако даже с учетом заметного роста процентных значений разница между отечественными и зарубежными показателями составляет более 50 % [10]. «Анализируя ситуацию в более узком контексте – в рамках города Екатеринбурга, можно сделать вывод о том, насколько беден потенциал спортивных сооружений в каждом микрорайоне... Основная масса комплексов сосредоточена в районе центра, как в области максимальной экономической выгоды, в то время как некоторые микрорайоны вообще не имеют ни одного спортивного сооружения» [10]. Решением поставленной проблемы могло бы стать увеличение количества специализированных комплексов и площадок города Екатеринбурга. Авторы полагают, что необходимо сделать игровые и спортивные пространства максимально доступными, а также функциональными и безопасными для детей и подростков. В обозримой перспективе подобное решение проблемы привело бы к кардинальным изменениям во всех спортивных проявлениях нашей страны.

Существует и появляется много спортивных объектов: «за 2013 г. в нашей стране было сдано не менее 180 крупных сооружений: горнолыжные комплексы, ледовые дворцы, бассейны и многое другое» [1]. Однако нет ясной позиции, позволяющей объединить два основных вида спорта – массовый и профессиональный [3]. Разумеется, нельзя отрицать тот факт, что «... поддержка профессионального спорта способствует не только улучшению

результатов наших спортсменов на внутренних и международных соревнованиях, но и может оказать позитивное воздействие на формирование общественного мнения. Многие российские чемпионы могут стать отличным примером для населения, прежде всего, для подрастающего поколения, что благотворно скажется на пропаганде и популяризации здорового образа жизни» [5]. Авторы полагают, что необходимо формирование модели комплексного (многофункционального) игрового пространства, в котором равноправно функционируют площади для профессиональных спортсменов, так и для массового использования детьми и взрослыми. Стандартная детская игровая площадка города Екатеринбурга не отличается «...сложной пространственной и градостроительной организацией. Необходима реорганизация планировочной структуры малых спортивных сооружений для их эффективного использования» [10]. Следует отметить, что примитивное обустройство детских площадок не только портит внешний облик окружающей архитектурной среды, но и «не может претендовать на выполнение просветительско-воспитательной функции, а тем более - на интеллектуальное развитие растущего поколения». Поэтому необходимо «...всемерно улучшать декоративность, эстетичность, надежность и безопасность оборудования моделей и малых архитектурных форм, в том числе их антивандальные свойства», а главное - придать им большую интеллектуальную направленность [4].

Для детских площадок и рекреационных территорий предлагается проект игрового пространства, основанный на концепции среды для «духовного, физического и интеллектуального развития детей с соответствующим оснащением и обустройством действующими демонстрационными моделями и малыми архитектурными формами высокой эстетичности и информативности с алгоритмическими установками, удовлетворяющими любознательность взыскательного и пытливого ума детей» [7]. Проектом предусмотрена такая игровая площадка, которая могла бы привлечь социальные группы с различными интересами: школьники и студенты, люди с ограниченными возможностями; «экстремальщики» всех видов.

В проекте предполагается учесть принципы, выведенные на основе анализа опыта зарубежного проектирования:

- максимальное уменьшение нагрузок на окружающую среду;
- использование возможностей сбережения территорий под застройку (путем применения методов трансформации как внутреннего, так и внешнего пространства, а также возведение и реконструкция приоритетно многофункциональных объектов);
- высокий уровень комфорта в каждой зоне площадки;
- использование экологических материалов [2].



В ходе исследования, проведенного Чистополовой А.О., был найден механизм, согласно которому возможно создание спортивной площадки, удовлетворяющего всем требованиям, указанным выше, – это трансформация, путем которой «...возможна практическая смена функционального назначения площадки. Универсальность ... механизма позволяют использовать его достаточно широко. <...> Открытые игровые площадки в большей части России доступны, фактически, только 4-5 месяцев в году ввиду суровых климатических условий. С помощью трансформации возможно возведение временных пневматических конструкций, покрывающих площадки в холодное время года». Кроме того, с целью сбережения полезных площадей возможно «применение принципа трансформации в виде подъемных и раздвижных перегородок. С применением такой технологии будет возможно многофункциональное использование площадок <...> (например, универсальная площадка 60х30 м для проведения местных соревнований и показательных матчей трансформируется в 3 площадки 10х30 м, пригодные для ежедневных тренировок и посещений обычных людей)» [10]. Этот же принцип был взят в качестве ключевого принципа при создании модели детской игровой площадки нового типа. Например, зона, где расположен лабиринт, может легко трансформироваться в зону отдыха: объекты, составляющие основу лабиринта, могут быть перемещены и впоследствии зафиксированы на основании площадки с помощью креплений на торцах.

Для борьбы с гиподинамией подрастающего поколения и привлечения внимания подростков к игровым пространствам было предложено создать такую площадку, которая своим внешним обликом и наполнением напоминала бы виртуальную реальность, была оформлена в виде некой игры со своими правилами и имела общеизвестный сюжет-сценарий. Игровое пространство не закрепощает игроков и не лишает их выбора: игра рассчитана как на команду участников, так и на отдельных игроков, соревнующихся друг с другом. Игра может идти не только по строгому сценарию, но и выходить за его рамки, трансформируясь в другую игру. Кроме того, предлагаемое пространство может использоваться просто как зона для занятий спортом.

Подобные детские игровые площадки во дворах - это принципиально новая концепция духовного и физического развития детей. В ее основе лежит возможность сконструировать и скомпоновать в одной зоне комплекс игровых, тематических и информативных моделей, что позволит «детям разного возраста в одиночку или в совместной игре познавать, изучать и осваивать жизненные понятия и ситуации» [9]. Стоит отметить, что все элементы и устройства, входящие в конструкцию детской игровой площадки, должны быть «...многофункциональны, эргономичны, экологичны, декоративны, безопасны, долговечны, антивандальны и технологичны в изготовлении», что позволит

максимально использовать всю территорию детской площадки для благоприятного духовного и физического развития подрастающего поколения [6].

Проектом предлагается объемно-пространственное решение детского игрового пространства под названием «Тайна третьей планеты» (рис. 1–4). Это пространство может являться непосредственной частью жилого комплекса, функционирующей также для жителей микрорайона, или служить самостоятельным независимым комплексом, находящимся в открытом доступе для молодежи. Разработаны правила игры, в которой все участники делятся на две команды. Цель игры состоит в том, чтобы обойти максимальное количество зон, «станций», и добраться до самой высокой точки в центре быстрее, чем противник (если последнее условие будет достигнуто, то команда или отдельный игрок получают десять очков). На каждой станции игроки ищут спрятанный трофей. В конце игры арбитр суммирует очки и выбирает победителя (один трофей приносит десять дополнительных очков). Важное замечание: члены каждой команды должны держаться вместе в течение всей игры, исследуя или пропуская различные зоны и собирая на своем пути заветные трофеи. Цветовая гамма площадки выполнена в стиле одноименного мультфильма: голубые и синие тона в сочетании с желтыми и светло-желтыми элементами-акцентами смотрятся выразительно и должны приковывать взгляды детей.



Рис. 1. Детская игровая площадка «Тайна третьей планеты» (макет)



Рис. 2. Детская игровая площадка «Тайна третьей планеты» (макет)

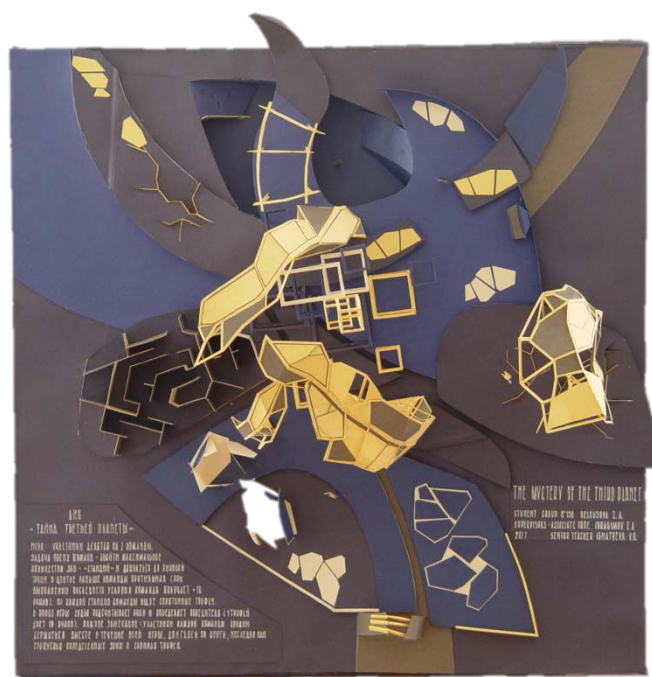


Рис. 3. Детская игровая площадка «Тайна третьей планеты» (макет)

В будущем при должном внимании к актуальной проблеме развития культурно-спортивного потенциала у детей и подростков и развития массового спорта можно прогнозировать улучшение физических показателей населения нашего города и страны в целом. Доступные, разнообразные и безопасные игровые пространства позволят

среднестатистическому жителю заниматься спортом и вести здоровый образ жизни, что благоприятным образом скажется на здоровье нации и спортивных достижениях наших соотечественников на мировом уровне. Кроме того, игровые пространства, разработанные с точки зрения рационального использования, позволят системно улучшить качество жизни в нашей стране. Вопросы развития физической культуры и спорта находятся в неразрывной связи с общим уровнем здоровья и социального благополучия граждан России, относятся к ключевым сферам деятельности, направленной на решение демографических проблем.

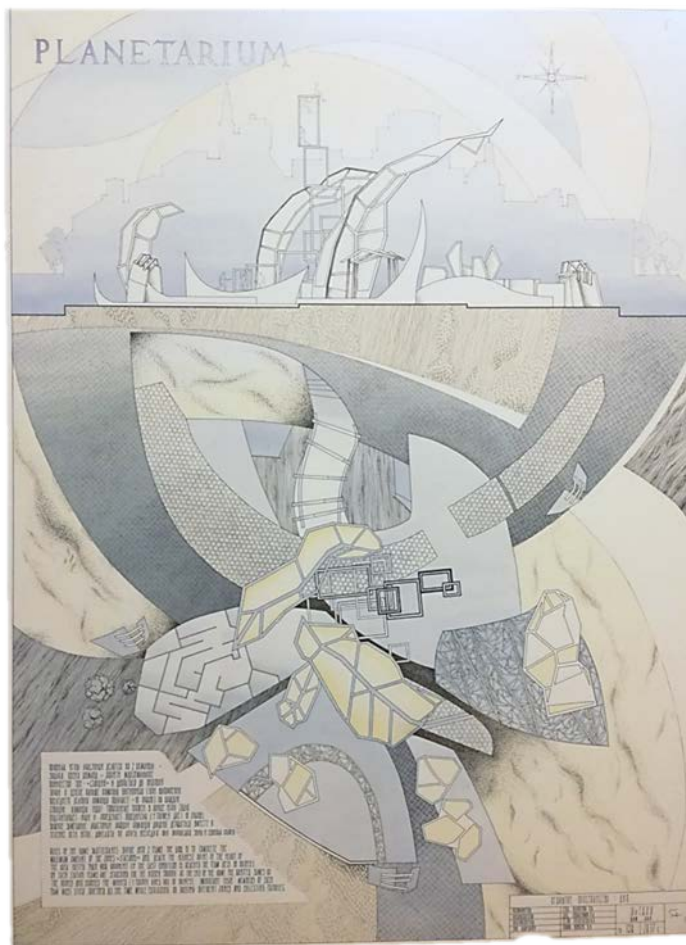


Рис. 4. Детская игровая площадка «Тайна третьей планеты» (планшет)

### Библиографический список

1. Актуальность строительства спортивных сооружений [Электронный ресурс] // «КС ИНВЕСТРОЙ» – URL : <http://www.csinvestroy.ru/stroyka/aktualnost-stroitelstva-sportivnykh-sooruzheniy.html> (дата обращения 1.05.2017).
2. Барнабишвили, Е.Н. Общая теория архитектурного проектирования стадионов / Е.Н. Барнабишвили; зон. науч.-исслед. и проектный ин-т типового и эксперим. проектирования жилых и общественных зданий в г. Тбилиси. – Тбилиси: ТбилЗНИИЭП, 1976. – 265 с.
3. Белоносов, С.А. К проблеме формирования городских многофункциональных спортивных комплексов [Электронный ресурс] / Белоносов С.А. // Архитектон: известия вузов. – 2008. – № 22 (Приложение). – URL : [http://archvuz.ru/2008\\_22/26](http://archvuz.ru/2008_22/26) (дата обращения 1.05.2017).



4. Бунькина, И.А. Системный метод благоустройства дворовых площадок и рекреационных территорий интеллектуальной направленности и повышенной комфортности : дис. ... канд. технических наук : 18.00.04 / Бунькина Илона Анатольевна. – М., 2006. – 107 с.
5. Кистяковский, А.Ю. Проектирование спортивных сооружений / А.Ю. Кистяковский. – М.: Высшая школа, 1980. – 328 с
6. Колли, Н.Я. Малые формы в застройке и благоустройстве городов / Колли Н.Я., Артамонов В.А., Тарасова Е.А., Толстой И.А. - М. : Стройиздат, 1964. – 220 с.
7. Наназашвили, И.Х. Детские интеллектуальные центры на дворовых площадках / Наназашвили И.Х., Бунькина И.А. // Жилищно-коммунальное хозяйство. - 2004. - № 11. - С.30 – 32.
8. Программа социально-экономического развития Свердловской области на 2011 — 2015 годы. Приложение от 17 мая 2011 года к № 36-ОЗ. [Электронный ресурс] // ЗАО "Кодекс – URL : <http://docs.cntd.ru/document/453100571> (дата обращения 1.05.2017).
9. Спортивные сооружения. Проектирование и строительство / под ред. Ромуальда Виршилло. – Варшава, 1968.– 577 с.
10. Чистополова, А.О. Проблема доступности малых спортивных сооружений в городе Екатеринбурге [Электронный ресурс] / Чистополова А.О. // Архитектон: известия вузов. – 2012. – № 38. – URL : [http://archvuz.ru/2012\\_22/85](http://archvuz.ru/2012_22/85) (дата обращения 29.04.2017).

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ДЕТСКАЯ ИГРОВАЯ ПЛОЩАДКА КАК  
ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА  
БЛАГОПРИЯТНОЕ РАЗВИТИЕ РЕБЕНКА**

*Бернер П. П.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия

*Дядюра А. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия

*Игнатьева В. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, [ignatyeva\\_vo@list.ru](mailto:ignatyeva_vo@list.ru)

*Ибрагимов И. А.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, [ibria@yandex.ru](mailto:ibria@yandex.ru)

**Аннотация.** В данной статье поднимается проблема незаинтересованности детей в игре на современных детских площадках. На основе теоретических знаний о детской психофизиологии были обозначены причины данной проблемы и пути её решения. Также был проведён опрос среди детей, результаты которого подтвердили правильность намеченного курса по решению проблемы. На основе сделанных выводов были предложены авторские проекты ДИП (детских игровых площадок), подходящие для решения задачи по привлечению детей.

**Ключевые слова:** двигательная активность, психическое развитие, интеллектуальное (умственное) развитие, цветовое решение, цветовая композиция, архитектурно-пространственная композиция.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **CHILDREN'S PLAYGROUND AS A FACTOR AFFECTING THE POSITIVE DEVELOPMENT OF THE CHILD**

*Berner P. P.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Dyadiura A. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Ignatyeva V. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ignatyeva\_vo@list.ru

*Ibragimov I. A.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ibria@yandex.ru

**Abstract.** The problem of lacking interest of children in contemporary playgrounds is studied. On the basis of theoretical knowledge in psychophysiology the ways for solutions were proposed. The opinion poll was conducted. The results confirmed chosen course. Conclusions of research work underlie the projects of children playgrounds made by authors.

**Key words:** moving activity, mental development, mind development, color solution, colour composition, architectural composition.



Движение, физические нагрузки благоприятно влияют на психическое и умственное развитие детей в любом возрасте. Это было неоднократно подтверждено научными исследованиями [8]. Дело в том, что от работающих мышц импульсы постоянно поступают в мозг, стимулируя центральную нервную систему и, таким образом, способствуя ее развитию. Исходя из этого, интеллектуальное и психическое развитие ребёнка напрямую зависит от двигательной активности, которая влияет на формирование речевого аппарата ребёнка, его физическую работоспособность, общее настроение, а также на качество сна [11].

Двигательная активность детей до 13 лет осуществляется, в основном, на детских игровых площадках. Следовательно, они являются одним из важных факторов, влияющих на благоприятное развитие детей. Однако сегодня дети, как правило, ведут малоподвижный образ жизни, так как привязаны к разнообразным современным гаджетам (компьютерам, игровым приставкам, планшетами и т.д.) Виртуальная реальность кажется им более яркой и привлекательной, чем мир за окном и из-за этого зачастую ребенок не видит смысла выходить на улицу.

Таким образом, возникает проблема незаинтересованности детей в нынешних детских площадках. Почему же они не могут привлечь внимание ребенка? Во-первых, детские игровые площадки, которые мы привыкли видеть каждый день, имеют непривлекательный внешний вид: неграмотное цветовое решение, невыразительную объемно-пространственную композицию. Во-вторых, непродуманную, нелогичную организацию игрового пространства. Расположение элементов оборудования верно с точки зрения безопасности, однако между ними нет интересного взаимодействия. На многих детских игровых площадках отсутствует и так называемый «элемент риска». Помимо этого, большинство современных площадок «штампованные». Сложился набор шаблонов для их цветового решения и оборудования. А отсутствие уникальности делает площадку малоинтересной, так как она ничем не отличается от других.

Рассмотрим обозначенные пункты более подробно, опираясь на теоретическую базу, и, исходя из этого, продумаем возможные пути решения поставленной проблемы. Начнём с внешнего вида. При взгляде на любой предмет человек сперва обращает внимание на его внешний облик. Изначально он оценивает предмет по его «оболочке». Особенно внешний облик значим для детей. У детей познание мира осуществляется, в первую очередь, за счёт восприятия зрительных образов, картинок, красок. Поэтому внешний вид предметов играет для них особо важную роль. У игровой площадки внешний облик включает в себя её цветовое оформление и форму (с архитектурной точки зрения). Цветовое решение большинства из современных площадок представляет собой набор ярких насыщенных

цветов, не составляющих ни красивых сочетаний, ни интересной цветовой композиции. При взгляде на такую площадку у человека возникает внутренний диссонанс [6, 7].

Восприятие цвета у человека постоянно меняется в течение всей жизни. Особенно динамично эти изменения происходят в детские годы. Для того чтобы понять, какие цветовые решения будут оптимальными, необходимо углубиться в детскую психологию и рассмотреть, как дети воспринимают цвет. Сначала дети оперируют ограниченной палитрой. Известно, что младенцы изначально способны различать только чистые, спектральные цвета. Первым ахроматическую картину их восприятия окружающего мира окрашивает красный цвет. Далее к нему по очереди добавляются и остальные цвета спектра в порядке убывания длины световой волны. Но пока что дети не различают оттенков, поэтому они падки на яркие, чистые или приближенные к чистым цвета. Со временем растет количество воспринимаемых оттенков, гамма которых постепенно усложняется и расширяется. Но при этом любовь к чистому цвету сохраняется еще долго, захватывая даже ранний период взрослой жизни. Ярким примером этого служит подростковая и молодежная мода на одежду. Юноши и девушки охотно надевают ярко красные, желтые, синие вещи, часто в их одежде можно встретить неоновые цвета. Какой вывод можно сделать на основе вышесказанного? Те площадки, которые столь активно повсеместно устанавливаются, пожалуй, могут понравиться малышам до 5–6 лет [10]. Но у детей школьного возраста, а тем более подростков, восприятие цвета куда более сложное. У них постепенно развивается художественный вкус. Поэтому при выборе цветового решения для проектирования площадки стоит использовать более сложные оттенки и опираться на теорию цветовых гармоний. Хотя при этом важно внедрять пятна чистых цветов, так как всё же к ним сохраняется довольно большой интерес [5].

Также необходимо помнить, что каждый цвет или сочетание цветов пробуждает в человеке определённые ассоциации и настроение. Причём сочетание цветов воздействует на человека совсем иначе, чем каждый цвет, взятый отдельно. То есть изолированный цвет на нейтральном фоне будет восприниматься совсем не так, как среди других равноценных ему оттенков. При проектировании игровой площадки лучше оперировать цветами и цветосочетаниями, которые стимулируют физическую и интеллектуальную активность и вызывают позитивные эмоции. Например, в соответствии с исследованиями И. Сахарова в качестве изолированных можно использовать красный или оранжевый цвета. Если опираться на теорию личных цветовых настроений, то для детских площадок могут подойти следующие сочетания цветов: ярко-розовый, белоснежный, нежно-зеленый, ярко-голубой, зеленая трава, нарцисс (причудливое настроение); аметист, имперский желтый, черный и белый, зеленый хризолит, коньячный топаз, звездчатый сапфир, угольно-серый, красная

маджента, серебристый (динамичное настроение); желтый, карри, ярко-розовый, синий индиго, итальянская слива, темное золото, античная бронза (чувственное) [9].

Более подробно с этой темой можно ознакомиться в таких трудах, как «искусство цвета» Иоханеса Иттена [3], «Дао цвета» Литриса Айсмана [1], «Color index» Джима Краузе [12].

Наравне с цветом важна и архитектурная композиция объекта. Проблема многих из существующих площадок, будь они старые советские или современные – это отсутствие композиции формы. Зачастую площадки представляют собой набор разрозненных элементов, где нет композиционного центра и соподчинённых ему частей. Упущены из виду основы теории архитектурной композиции. И на фасадах, и в плане обязательно должен быть композиционный центр, обрамлённый подчинёнными ему формами. При этом важно пользоваться законами взаимодействия композиции формы и цвета. Только так строится грамотная архитектурная композиция.

Перейдём к следующему пункту. Нелогичная организация игрового пространства. Под данной формулировкой подразумевается определённый сценарий передвижений по игровой площадке. Чтобы раскрыть суть понятия «сценарий» и показать его значимость при проектировании ДИП, вновь углубимся в детскую психологию и физиологию.

В раннем детстве малыши (примерно до 5 лет) не склонны к особо активной двигательной деятельности. В этом возрасте их двигательный и вестибулярный аппараты ещё только начинают формироваться. Поэтому они не склонны часто передвигаться на большие для них расстояния и много бегать. Им больше подходит такой вид движения, как «статическое». То есть, когда ребёнок совершает передвижения в небольшом радиусе или относительно одной точки. Сюда относятся раскачивания на обыкновенных качелях, качелях-весах, катание на вращающихся каруселях и небольших горках.

Также в этом возрасте для детей особое значение имеет овладение движениями рук. Поэтому один из самых любимых малышами элемент на детской площадке – это песочница. Из песка можно лепить комочки, куличики, разнообразные фигурки. Но, при этом, повторяюсь, дети остаются практически на одном месте - в песочнице.

Таким образом, можно сделать вывод, что нет необходимости делать для маленьких детей игровые пространства, большие по площади и со сложным оборудованием.

Но позднее, в процессе взросления, детям требуется всё больше движений. Для них не только возрастает роль движения в горизонтальном направлении (бега), но и возникает потребность передвижения по вертикали. После 4–5 лет, возникает интерес ко всевозможным лесенкам, сеткам и т.п., по которым можно карабкаться вверх, забираться на высоту. Это связано с постепенным усложнением детского сознания. У детей на

бессознательном уровне формируется желание делать что-либо лучше и лучше с каждым разом, переходить на новые уровни саморазвития. Каждый из нас радовался в детстве, когда забирался на такую высокую лазалку, на которую раньше забираться боялся или просто не мог. Преодоление трудностей каждый раз придавало уверенности в себе и своих силах. В связи с увеличением двигательной активности у более взрослых детей необходимое им игровое пространство значительно расширяется и усложняется.

Также в связи с усложнением сознания и мировоззрения у детей появляется интерес к коллективным и ролевым играм. Игра для детей – способ отражения реальности вокруг них. Поэтому, вместе с тем, как расширяется понимание устройства окружающего мира и общества, усложняется игра. К подростковому возрасту игра может включать большое количество ролей и многофункциональное распределение обязанностей. Однако, дети разных возрастов, как правило, объединяются для игры. Поэтому им интереснее будет взаимодействовать на общем игровом пространстве.

Итак, возрастает интерес к ролевым, как правило, подвижным играм. Следовательно, необходимо создать такое пространство, на котором можно было бы реализовывать такую игру. Именно исходя из этого, можно утверждать, что в организации детской площадки должна быть определённая логика размещения оборудования. Расположение элементов оборудования должно направлять по определённым маршрутам. Это и есть сценарий передвижений в игровом пространстве. Важное замечание: маршрут задают не проектировщики площадки, а сами дети во время игры. Он задаётся особенностями текущей игры, то есть, является полностью продуктом воображения детей. Архитектору нужно лишь создать основу, отталкиваясь от которой дети сами могут продумать маршрут. Лестницы, сетки, горки, башни лучше располагать так, чтобы их можно было представить в виде взаимосвязанных друг с другом площадок и переходов для одной большой общей игры. Таким образом, сценарий в качестве своей основы предполагает не определённый набор возможных маршрутов, а их неограниченное множество, зависящее полностью от фантазии детей.

Следующий момент, который необходимо рассмотреть, довольно специфичный, но столь же важный, как и все предыдущие. Это «элемент риска». В данном случае понятие «риск» можно рассматривать с двух сторон. Во-первых, это «полезная» небезопасность оборудования, то есть, физическая составляющая понятия. Во-вторых, это кажущаяся опасность сооружений ДИП, то есть, психологическая составляющая.

Большинство современных площадок создаются для удобства и спокойствия родителей. Из-за чего становятся чрезмерно безопасными. Почему это не очень хорошо? Ведь на таких площадках ребёнок никак не травмируется. Но именно это и играет

негативную роль. Безусловно, нельзя, чтобы ребёнок получал тяжёлые травмы, но умеренное количество болевых ощущений для него необходимо. Определённое количество лёгких повреждений постепенно формирует у ребёнка иммунитет к болевым ощущениям. Это как физический, так и психологический иммунитет. Во-первых, закаляется нервная система, постепенно увеличивается терпимость к боли, и она ощущается менее остро, чем раньше. Во-вторых, ребёнок более не воспринимает небольшие травмы серьёзно. В большинстве случаев, при лёгком повреждении он может игнорировать неприятные ощущения, продолжая игру. Замечено, что дети, воспитанные на старых советских площадках, действительно могли, не обращая внимания на полученный ушиб, продолжать игру. Даже если травма была более серьёзной, например, рана, то они не придавали ей большого значения. Современные же дети даже маленькую ссадинку воспринимают как катастрофу. Даже из-за несильного удара, от которого и синяка не останется, у них пропадает настроение, появляются слёзы.

Также болевые ощущения в определённых количествах положительно влияют на сознание ребёнка. В данном случае действует принцип «учись на своих ошибках». Спотыкаясь, ударяясь, падая, ребёнок учится анализировать свои возможности. Как это происходит? При получении травмы ребёнок знает, почему это произошло. Он осознаёт, где он был невнимателен или не рассчитал свои силы. Боль, полученная от ушиба, заставляет ребёнка в дальнейшем следить за своими действиями в похожих ситуациях, чтобы то же самое не повторилось вновь. Со временем это переходит в интуитивное умение оценивать свои возможности и продумывать действия. В будущем также это умение расширяется и перерастает в способность просчитывать в целом исход каких-либо жизненных ситуаций.

На основе выше сказанного можно сделать вывод, что детям необходимо давать возможность обосновано рисковать. Это не значит, что можно игнорировать все меры безопасности. Нужно создать иллюзию опасности. То есть, оборудование площадки желательно делать сложнее, замысловатее, больше по габаритам, выше, но при этом наиболее травмоопасные сооружения должны быть оснащены ограждениями и страховками. И что немаловажно, это сыграет большую положительную роль в привлечении детей к игре на площадке, то есть в решении главной задачи. Вид сложноорганизованного пространства, с несколькими уровнями высоты, большими горками, высокими мостиками и т. д. обрадует и заинтересует маленьких посетителей. Дети, как бы их не ограничивали, на подсознательном уровне стремятся рисковать. Например, катание с огромной ледяной горки в Новый Год вызывает много радости и счастья. Ощущение высоты и скорости способствует выработке эндорфинов в большом количестве, чего нельзя сказать о маленьких горочках в городских дворах, где отсутствует длительное ощущение скоростного спуска, следовательно, ребенок не успевает получить удовольствие от катания. Также ребенка порадует то, что на площадке,

где есть элемент риска, «нельзя» превращается в «можно». Он может карабкаться как угодно и по каким угодно лазкам, забираться на большую высоту. И взрослые не будут им в этом препятствовать, потому что, какой бы опасной площадка ни выглядела, она всегда оснащена ограждениями и страховками. Это ещё один довод, доказывающий важность элемента риска при проектировании игровой площадки.

Последнее положение, обозначенное в проблеме, которое хотелось бы рассмотреть, это уникальность игрового пространства. У площадок, которые мы обычно видим, существует определённый набор стандартного оборудования. Безусловно, есть фиксированный набор применяемых элементов (горка, качель, лестница и т. д.), и изобрести что-то кардинально новое сложно, хотя возможно и такое. Но всегда можно видоизменять форму, конфигурацию. Однако, сейчас на разных площадках элементы оборудования идентичны друг другу. Причём это проблема как современных, так и советских площадок [4].

Детям необходимо давать простор для фантазии, чтобы у них развивалось творческое, креативное мышление. Процесс творческого мышления в нашем сознании осуществляется не за счёт продуцирования новых образов, а за счёт видоизменения и синтеза уже виденных ранее аналогов. То есть, чем больше этих аналогов, и чем более они разнообразны, тем больше материала для креативного мышления. Поэтому среда, окружающая ребёнка, должна быть как можно более интересной, сложной и разнообразной. Однако, из-за того, что детские площадки повторяют одна другую, у детей мало возможности для фантазии. Поэтому необходимо делать игровое пространство уникальным, неповторимым. Это значит, что должно быть уникальное цветовое решение, задающее определённое настроение, должны быть нестандартные, креативные формы оборудования, спроектированные индивидуально для каждой площадки, а также уникальная композиция с неповторимыми линиями. Всё вышеперечисленное продиктует концепция, так как концепция – это уникальная первичная идея, от которой уже впоследствии зависит конечный результат. У площадок, которые мы привыкли видеть, концепция, как правило, отсутствует. Из-за этого они теряют свою индивидуальность, что, в свою очередь, сужает рамки для творческого мышления детей. Поэтому каждый раз к решению игрового пространства необходимо подходить креативно, разрабатывая оригинальную концепцию.

Все вышеизложенные рассуждения по поводу проблемы и возможных путей её решения основаны на теоретическом материале. Однако, хотелось бы узнать непосредственно от самих детей, что им больше нравится и что бы они хотели видеть на детских площадках. Для этого был составлен и проведён опрос. Были отобраны 20 фотографий разных игровых площадок. Среди них 10 таких, которые наиболее часто



встречаются в городских дворах, то есть, распространённых, и 10 таких, которые, по нашему мнению, являются показательными по критериям, обозначенным в проблеме. Следовательно, детям было предложено 10 пар фотографий, в каждой из которых сопоставлялись «распространённая» и «показательная» площадки. Детям в каждой паре нужно было выбрать ту площадку, которая им нравится больше. Опрос был опубликован в Интернете [13]. Для большей точности результата были опрошены дети разных возрастов: 10 детей 6-ти лет и по 5 детей 9–14 лет (всего 7 возрастных групп и 40 опрошенных детей). Были определены лидирующие площадки, набравшие большее количество голосов, внутри каждой возрастной группы.











По результатам опроса в большинстве случаев (91,6 %) были выбраны площадки, изначально позиционированные как «показательные». Причём выбор в пользу «распространённых» площадок делали дети до 11 лет. А это, как уже было написано ранее, вполне естественно для их возраста, так как у них ещё может сохраняться склонность к насыщенным цветам, а также, в редких случаях, к простоте организации пространства. Следовательно, выводы, сделанные ранее относительно путей решения поставленной проблемы, были вполне верными (см. табл. 1, 2).

Таблица 1

Опросная таблица

№ пары	Распространённые	Показательные
1	 <p>Взято с сайта <a href="http://fishki.net/1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html">http://fishki.net/1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="http://wallpapercave.com/kids-computer-wallpaper">http://wallpapercave.com/kids-computer-wallpaper</a></p>
2	 <p>Взято с сайта <a href="http://fishki.net/1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html">http://fishki.net/1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="https://ihappymama.ru/luchshie-v-mire-detskie-ploshhadki-na-kotoryh-zahochetsya-poigrat-i-vzroslym/">https://ihappymama.ru/luchshie-v-mire-detskie-ploshhadki-na-kotoryh-zahochetsya-poigrat-i-vzroslym/</a></p>



№ пары	Распространённые	Показательные
3	 <p>Взято с сайта <a href="http://volgograd.all.biz/detskie-gorodki-dlya-detskih-igrovyh-ploshchadok-g976527#.WQth7YjyhPY">http://volgograd.all.biz/detskie-gorodki-dlya-detskih-igrovyh-ploshchadok-g976527#.WQth7YjyhPY</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="https://ru.pinterest.com/pin/564357397029772591/">https://ru.pinterest.com/pin/564357397029772591/</a></p>
4	 <p>Взято с сайта <a href="http://nevinnomysk.all.biz/sportivnaya-igrovaya-ploshchadka-sip-02-02-g2020752#.WQtjFojyhPY">http://nevinnomysk.all.biz/sportivnaya-igrovaya-ploshchadka-sip-02-02-g2020752#.WQtjFojyhPY</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="https://alfaimg.com/show/the-best-playground-in-the-world.html">https://alfaimg.com/show/the-best-playground-in-the-world.html</a></p>
5	 <p>Взято с сайта <a href="http://media-library.rozumniki.ua/storage/LESSON_TEST/lesson10/index_part_33_tab_67.html">http://media-library.rozumniki.ua/storage/LESSON_TEST/lesson10/index_part_33_tab_67.html</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="https://ru.pinterest.com/pin/224828206370344907/">https://ru.pinterest.com/pin/224828206370344907/</a></p>
6	 <p>Взято с сайта <a href="http://fishki.net/1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html">http://fishki.net/1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="http://www.erectarchitecture.co.uk/projects/play/145-p-kennington-park-centre.html">http://www.erectarchitecture.co.uk/projects/play/145-p-kennington-park-centre.html</a></p>
7		 <p>Взято с сайта</p>





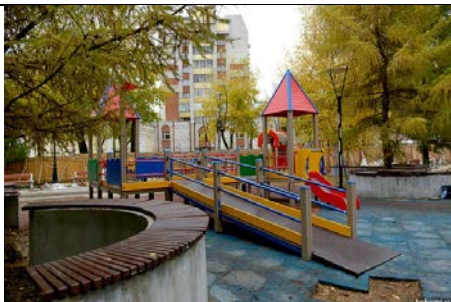

№ пары	Распространённые	Показательные
	Взято с сайта <a href="http://kachely-karusely.ru/katalog/krasivyyj-gorod/igrovyje-kompleksy/igrovyje-kompleksy-7-12-let/">http://kachely-karusely.ru/katalog/krasivyyj-gorod/igrovyje-kompleksy/igrovyje-kompleksy-7-12-let/</a>	<a href="https://ihappymama.ru/luchshie-v-mire-detskie-ploshhadki-na-kotoryh-zahochetsya-poigrat-i-vzroslym/">https://ihappymama.ru/luchshie-v-mire-detskie-ploshhadki-na-kotoryh-zahochetsya-poigrat-i-vzroslym/</a>
8	 <p>Взято с сайта <a href="https://vk.com/away.php?to=http%3A%2F%2Ffishki.net%2F1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html&amp;cc_key=">https://vk.com/away.php?to=http%3A%2F%2Ffishki.net%2F1559736-kak-pravilno-delat-detskie-plowadki.html&amp;cc_key=</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="https://vk.com/away.php?to=http%3A%2F%2Fvarlamov.ru%2F1291598.html&amp;cc_key=">https://vk.com/away.php?to=http%3A%2F%2Fvarlamov.ru%2F1291598.html&amp;cc_key=</a></p>
9	 <p>Взято с сайта <a href="https://www.irk.ru/news/20160707/playgrounds/">https://www.irk.ru/news/20160707/playgrounds/</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="https://vk.com/away.php?utf=1&amp;to=http%3A%2F%2Fwww.wxuse.com%2Fthread-204571-1-1.html">https://vk.com/away.php?utf=1&amp;to=http%3A%2F%2Fwww.wxuse.com%2Fthread-204571-1-1.html</a></p>
10	 <p>Взято с сайта <a href="https://vk.com/away.php?utf=1&amp;to=https%3A%2F%2Fwww.bnkomi.ru%2Fdata%2Fnews%2F22846%2F">https://vk.com/away.php?utf=1&amp;to=https%3A%2F%2Fwww.bnkomi.ru%2Fdata%2Fnews%2F22846%2F</a></p>	 <p>Взято с сайта <a href="https://http://acharweb.com">https://http://acharweb.com</a></p>

Таблица 2

## Результаты опроса

№ пары	6 лет	9 лет	10 лет	11 лет	12 лет	13 лет
1	П	Р	Р	П	П	П
2	Р	П	П	П	П	П
3	П	Р	П	П	П	П
4	Р	П	Р	Р	П	П
5	П	П	П	Р	П	П
6	Р	Р	Р	П	П	П



№ пары	6 лет	9 лет	10 лет	11 лет	12 лет	13 лет
7	П	П	П	П	П	П
8	П	П	Р	Р	П	П
9	П	П	П	П	П	П
10	Р	П	П	П	П	П
Условные обозначения в таблице результатов опроса: «П» – Показательные детские игровые площадки «Р» – Распространенные детские игровые площадки						

Итак, правильность намеченных путей решения проблемы подтвердилась на практике результатами опроса. Следовательно, можно утверждать, что площадки, спроектированные с учётом обозначенных рекомендаций, могут привлечь большое количество детей разных возрастов. Поэтому мы предлагаем свои проекты детских игровых площадок, которые удовлетворяли бы этим рекомендациям и решали бы задачу по привлечению детей к игре на них. Продублируем вновь критерии, которым желательно должно соответствовать игровое пространство:

- цветовой решение ДИП должно включать в себя цвета и цветосочетания, стимулирующие у детей физическую и интеллектуальную активность и вызывающие у них позитивные эмоции.
- для ДИП важна красивая композиция формы с выраженным композиционным центром.
- организация игрового пространства должна подразумевать наличие «сценария» игры.
- позитивную роль сыграет возможность обосновано рисковать.
- также каждая игровая площадка должна быть уникальной. Для этого в каждом случае необходима оригинальная концепция.

Опираясь на данные критерии были созданы два проекта: «Межгалактические станции» (автор Бернер П.П.), «Пустошь Смауга» (автор Дядюра А.О.) (см. рис. 1–4). Особенностью обоих является то, что в роли концепции выступает конкретная игра. То есть, в каждом случае была разработана реальная авторская игра, для которой, впоследствии, проектировалась площадка. В чём заключается преимущество данного подхода? Это помогает логично организовать пространство, то есть задаёт первоначальный сценарий игры соответственно её правилам. При этом, данный сценарий не является единственно возможным. Как было сказано ранее, архитектору нужно лишь создать основу, отталкиваясь от которой дети сами могут продумать маршрут. Следуя этой логике площадка, которая подходит для одной игры, может послужить базой для любой другой, выбранной детьми самостоятельно.

Для площадки «Межгалактические станции» в качестве концепции была взята подвижная игра с распределением ролей. Игроки делятся на равные команды и внутри каждой команды происходит разделение на «учёных» и «солдат». Цель игры – за

определённое время освоить как можно больше планет, построив на них станции. На этом строится логика организации площадки: есть несколько планет-станций, соединённых разнообразными переходами.

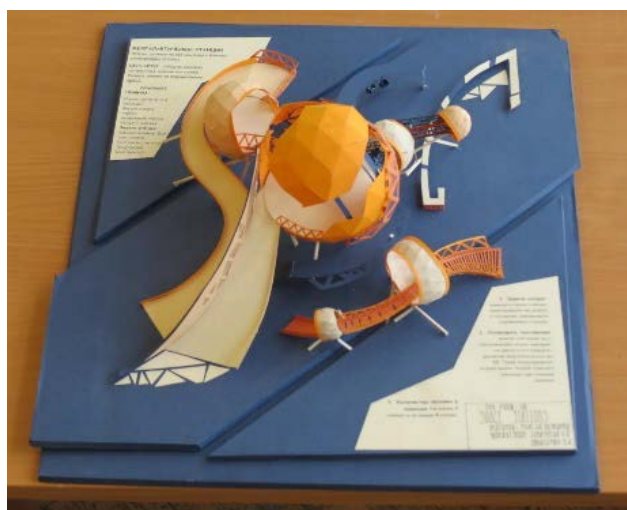


Рис. 1 Проект ДИП «Межгалактические станции», автор Бернер П.П., макет. Руководители доц. Ибрагимов И.А., ст. преп. Игнатьева В.О. Фото Игнатьева В.О.

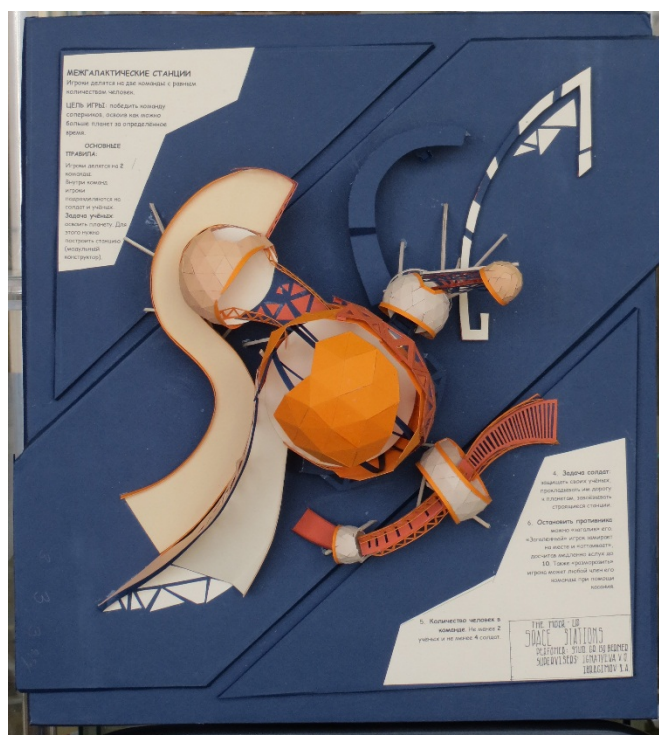


Рис. 2. Проект ДИП «Межгалактические станции», макет. Руководители доц. Ибрагимов И.А., ст. преп. Игнатьева В.О. Фото Игнатьева В.О.

Концепция для проекта «Пустошь Смауга» – усовершенствованная игра в прятки с сюжетом, взятым из любимой многими детьми книги «Хоббит, или Туда и обратно». Игроки также делятся на две команды «охотников» и «стражей». Задача «охотников» - добраться до

сокровищ Смауга, так, чтобы стражи этих сокровищ их не заметили. Эти правила диктуют следующую логику организации: сокровищница дракона – центр, до которого надо добраться. Это можно сделать, прячась за перегородками, расставленными на территории площадки. Для «стражей» возведены сторожевые башни – возвышенности для наблюдения за площадкой.



Рис. 3. Проект ДИП «Пустошь Смауга», автор Дядюра А.О., макет. Руководители доц. Ибрагимов И.А., ст. преп. Игнатьева В.О. Фото Ибрагимов И.А.



Рис. 4. Проект ДИП «Пустошь Смауга», автор Дядюра А.О., макет. Руководители доц. Ибрагимов И.А., ст. преп. Игнатьева В.О. Фото Ибрагимов И.А.

Космическая тема у площадки «Межгалактические станции» определяет основную форму – шар, а также цветовое решение. Оно включает в себя мандариновый оранжевый цвет в качестве доминантного, оттенки оранжевого как нейтральный фон и синие элементы, чтобы цветовое решение выглядело достаточно контрастным и «сочным». В основе композиционного решения лежит модель Солнечной системы: есть главное космическое

тело, то есть большой шар в центре композиции и малые тела в его гравитационном поле – шары меньшего размера, вращающиеся вокруг большого. На оранжевый цвет выбор пал не случайно: во-первых, сочетание оранжевого и синего ассоциируется со светящимися космическими телами в бесконечном тёмном пространстве, во-вторых, этот цвет хорошо стимулирует двигательную и творческую активность. Площадка «Пустошь Смауга» в плане напоминает очертания спящего дракона из сказки Джона Толкиена, а на фасаде композиционный центр и центр игры – «Одинокая гора». В цветовом решении на фоне нейтральных коричневого и белого цветов доминирует красный, символизирующий пламя дракона. Также красный цвет хорош тем, что он побуждает к длительной двигательной активности и положительно влияет на работу сердца и кровеносной системы.

### Библиографический список

1. Айсмен Л. ДАО цвета / Л. Айсмен. М.: Эскмо, 2005. 176 с.
2. Варламов И. А. Как правильно делать детские площадки [Электронный ресурс] URL: <http://varlamov.ru/1371530.html> (дата обращения: 04.05.17).
3. Йоханнес И. Искусство цвета / И. Йоханнес. М.: Д. Аронов, 2004. 95 с.
4. Максимова Д. И., Шадрина А. В. Уникальность детской игровой площадки [Электронный ресурс] URL: [http://archvuz.ru/2014\\_22/49](http://archvuz.ru/2014_22/49) (дата обращения: 04.05.17).
5. Мальвина А. П. Цветовосприятие у детей дошкольного возраста [Электронный ресурс] URL: [http://coolreferat.com/Цветовосприятие\\_у\\_детей\\_дошкольного\\_возраста](http://coolreferat.com/Цветовосприятие_у_детей_дошкольного_возраста) (дата обращения: 04.05.17).
6. Миронова Л. Н. Цветоведение / Л.Н. Миронова. Минск: «Высшая школа» 1984. 189 с.
7. Полунин А. Н. Изобразительное искусство. Психология восприятия зрительных образов / А.Н. Полунин [Электронный ресурс] URL: <http://www.artap.ru/stati.htm> (дата обращения: 04.05.17).
8. Родин Ю. И., Сапогова Е. Е. Психическое развитие детей дошкольного возраста в процессе обучения движениям. Тула, 2009 / Ю. И. Родин, Е. Е. Сапогова [Электронный ресурс] URL: <http://dislib.ru/psihologiya/17166-1-psihicheskoe-razvitie-detey-doshkolnogo-vozrasta-processe-obucheniya-dvizheniyam.php> (дата обращения: 04.05.17).
9. Седова Л. И. Цветовая выразительность. Цвет в архитектурной композиции. Формирование цветового образа / Л.И. Седова [Электронный ресурс] URL: <http://ppt-online.org/45690> (дата обращения: 04.05.17).
10. Стефанов С. Восприятие цвета детьми / С. Стефанов [Электронный ресурс] URL: <http://www.mylittlebaby.ru/index.php?topic=stat8> (дата обращения: 04.05.17).
11. Ульбекова. Д. Влияние движений на психическое и умственное развитие ребёнка / Д. Ульбекова [Электронный ресурс] URL: <http://www.maam.ru/detskijsad/statja-na-temu-vlijanie-dvizhenii-na-psihicheskoe-i-umstvenoe-razvitie-rebenka.html> (дата обращения: 04.05.17).
12. Krause Jim Color index revised edition / J. Krause. Canada, Georgetown: How books, 2010. 360 p.
13. Бернер П. П., Дядюра А. О. Бланк опроса [Электронный ресурс] / П.П. Бернер, А.О. Дядюра URL: <https://drive.google.com/file/d/0B-sy97--dD1lbU5tMWtianNBc1U/view?usp=sharing> (дата обращения: 04.05.17).

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**РЕВИТАЛИЗАЦИЯ БРОШЕННЫХ  
АРХИТЕКТУРНЫХ ОБЪЕКТОВ:  
ОРГАНИЗАЦИЯ ДОСУГА МОЛОДЁЖИ**

*Гудимова А. Д.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия

*Казакова А. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия

*Игнатьева В. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия, [ignatyeva\\_vo@list.ru](mailto:ignatyeva_vo@list.ru)

*Ибрагимов И. А.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия, [ibria@yandex.ru](mailto:ibria@yandex.ru)

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена проблема брошенных, неиспользуемых, и на сегодняшний день деградирующих территорий и объектов архитектуры города Екатеринбурга. Предложены пути решения этой проблемы. Проанализированы зарубежные и отечественные аналоги сооружений и проектных решений. Выявлена и обоснована актуальность, а также необходимость реорганизации таких объектов.

**Ключевые слова:** ревитализация, архитектура, строительство, деградирующая территория, функция, молодёжь, досуг.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**REVITALIZATION OF ABANDONED  
ARCHITECTURAL SITES: THE  
ORGANIZATION OF YOUTH FREE TIME**

*Gudimova A. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Kazakova A. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Ignatyeva V. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ignatyeva\_vo@list.ru

*Ibragimov I. A.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ibria@yandex.ru

**Abstract.** In the article the problem of unfinished, degrading buildings and territories of Yekaterinburg is considered. Four ways of dealing with that problem are actualized. Analyzed analogs of different solutions in the world. The need of reorganization such objects is stated.

**Key words:** revitalization, architecture, building, degrading territory, function, the youth, leisure.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

На протяжении, как минимум, десяти – двадцати лет благодаря своей популярности среди молодёжи и многочисленности в современном мире пустующие объекты не раз привлекали к себе внимание общественности. Проблема архитектуры настоящего дня заключается в том, что ежедневно множество людей вынуждены видеть безобразные недостроенные объекты из окон домов и автомобилей, по дороге на работу и возвращаясь с неё. Стоит отметить, что не только для Екатеринбурга, но и для России в целом крайне актуальна проблема зданий или целых комплексов, которые по той или иной причине не были достроены. Во многих российских городах сохранились архитектурные объекты, строительство которых начиналось как многообещающее, но по определённым причинам эти сооружения остаются недостроенными по сей день. Такие объекты разрушают гармонию городского пространства; а с практической точки зрения оставляют незадействованными порой по-настоящему огромные территории, в то время как в центре города идёт борьба за каждый клочок земли.

На волне общей экономической нестабильности недостроенные сооружения приносят городу значительные убытки, так как не функционируют, а затраты на их восстановление растут с каждым годом, в то время как первоначальное функциональное назначение, напротив, безвозвратно устаревает.

Неутешительная статистика наглядно демонстрирует, насколько сильно среда Екатеринбурга насыщена различными недостроенными объектами, которые оставляют негативный отпечаток на общем облике города. Ниже представлена лишь их малая часть. (см. рис. 1) Увиденное шокирует и заставляет задуматься.



Рис. 1. Карта г. Екатеринбурга с отмеченными недостроями

Долгострой можно классифицировать по самым разным признакам: типу и месту в городской среде, по качеству проектных решений, по возрасту, по уровню исторической значимости. Наиболее актуально для данной работы использование классификации недостроенных сооружений включающей три группы (данную классификацию приводит Поротникова Н. С.):

- существующие;
- завершённые;
- потенциальные;

«Завершёнными долгостроями» принято считать те объекты, строительство которых было завершено задолго после начала, а их первоначальное функциональное и архитектурное решение претерпело значительные изменения.

«Потенциальные долгострои» – это современные архитектурные объекты, возведение которых перемежается с периодическими задержками и растущей тенденцией к полной заморозке (таким образом, переходом в следующий тип).

«Существующие долгострои» – архитектурные объекты, процесс возведения которых остановился давно и на неопределённый срок. Как правило, это определение распространяется на сооружения, активно строившиеся в годы существования СССР и заброшенные в начале 1990-х годов [5].

Наибольший интерес для исследования, а по совместительству и наибольшую опасность для городской среды, представляют существующие долгострои. Именно их в городе насчитывается множество, в то время как законченных долгостроев, напротив, крайне мало.

Сфера досуга и отдыха – важнейшая сфера повседневности, к тому же крайне быстро развивающаяся со сменой поколений. Молодёжь, как наиболее активный слой общества в освоении новых возможностей и форм проведения свободного времени, год за годом расширяет горизонты, традиционным занятиям предпочитая новые экстремальные виды досуговой деятельности. Динамика последних десяти лет наглядно демонстрирует, что, подпитываясь экшн-фильмами и компьютерными играми, молодые люди склонны устраивать вылазки, сборы и различные игры в местах, которые более всего напоминают им постапокалиптические развалины, то есть в недостроенных сооружениях. Одни просто находят забавными и занимательными «прогулки» по бетонным скелетам и заброшенным территориям, другие же видят в этом смысл своей жизни, гордо называя себя «сталкерами». Возможно, одной из причин расцвета феномена сталкерства в новом, субкультурном обличье стало то, что практика сталкерства, как и субкультурное самоопределение, предполагает, с одной стороны, «выпадение из толпы», с другой – массовый характер этих «выпадений» [3].

Существуют целые сайты, на которых можно не только вступить в «Лигу сталкеров», но и наткнуться на множество гидов по недостройкам города с подробным описанием места, состояния сооружения и с предупреждениями о присутствии или отсутствии охраны на объекте. Ниже представлено несколько выдержек с одного из таких сайтов.

«Недострой находится в посёлке Калиновка на территории лица МВД. Двухэтажное здание с большим количеством помещений и спортзалом в два этажа, на втором этаже есть выход на крышу, в здании есть огромный подвал. Здание пользуется большим интересом у местной детворы. Отличный вид открывается с крыши. Здание потихоньку разрушается» [2].

«Недострой Рембо. Название этому сооружению придумала детвора и уличная шпана. Трёхэтажное сооружение. Хороший полигон для игры в пейнтбол или в прятки. Охраны ноль, особого антуража тоже немного; рядом частная парковка» [2].

Читая такие «рецензии», становится по-настоящему страшно. Выбор такого опасного полигона для игр равносителен салкам на минном поле. Однако, как любая другая ситуация, связанная с молодым и амбициозным поколением, эта не может быть решена словами и призывами к благоразумию. Эта проблема требует практического решения.

Итак, обозначены 2 проблемы городской среды: недостроенные объекты и досуг молодёжи.

На начальном этапе необходимо рассмотреть аналоги, демонстрирующие уже осуществлённое или только проектное решение подобных проблем:

### **Комплекс газгольдеров в Вене**

Газгольдеры были построены в Вене между 1896 и 1899 годами. Изначально эти громоздкие здания (62 м внутренний диаметр и 72 м высотой) служили резервуарами для газа, но в 1970 они стали не востребованы, утратили свою первоначальную функцию и остались «пустышками», лишившись технического оборудования. Осталась кирпичная оболочка и 90000 кубометров незадействованного внутреннего пространства, охраняемые как памятники архитектуры. Так и стояли эти архитектурные призраки до тех пор, пока, спустя 25 лет, в 1995 году не было принято решение о преобразовании функции существующих газгольдеров в жильё и торгово-деловые помещения. После проведенного конкурса определились четыре архитектурных мастерских, каждая из которых взяла для работы одно из 4-х зданий: Coop-Himmelbau, Manfred Wehdorn, Wilhelm Holzbauer и Jean Nouvel. Все архитекторы подошли к преобразованию зданий по-разному. Один газгольдер был дополнен новыми формами. Таким образом, внутри здания был организован цилиндрический объём с офисами, а наружу, для тех, кто не попадает внутрь объекта, был вынесен плоский ломанный экран с множеством помещений и многофункциональным залом.

Другой проект подразумевал деление здания на 8 функциональных секторов. Оставшиеся два проекта также были по-своему интересны. После ревитализации комплекс газгольдеров остался доминантой всего района, но уже не как серая забытая постройка, а как привлекательные современные офисные здания, квартиры и магазины (см. рис. 2, 3) [1].

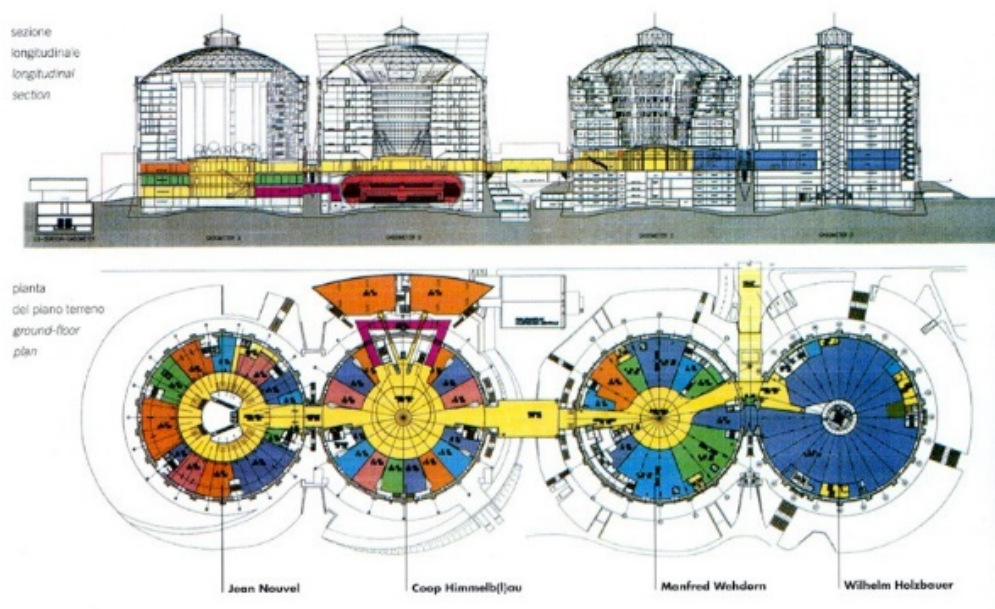


Рис. 2. Венские газгольдеры. Взято с сайта <http://22sobaki.livejournal.com/55878.html>



Рис. 3. Венские газгольдеры. Взято с сайта <http://22sobaki.livejournal.com/55878.html>

### Ревитализация территорий острова Новая Голландия в Санкт-Петербурге

Следующим рассмотрим еще не осуществленный проект Нормана Фостера, его предложение по реновации территорий острова Новая Голландия (см. рис. 4). Новая



Голландия будет представлять собой остров треугольной формы в Санкт-Петербурге на собственных опорах с разнообразными культурными учреждениями, размещенными на площади в 7,6 гектаров. Проект включает помещение театра, залы для проведения конференций, галереи, гостиницу, магазины, квартиры и рестораны с подвижной ареной в самом сердце сооружения. Замечательные исторические постройки, первоначально предназначенные для хранения лесоматериалов, будут переделаны в гостиницы и места для розничной торговли, которые будут перемежаться целым рядом помещений для исполнительских и визуальных видов искусства. Достойный внимания проект, который направлен не только на то, чтобы насытить большое пространство различными функциями, но и на создание совершенно нового силуэта объекта [1].



Рис. 4. О. Новая Голландия. Взято с сайта <https://asninfo.ru/news/66299-novaya-gollandiya-otkroyetsya-v-avguste>

### Музей воды в Санкт-Петербурге

Из уже существующих в Санкт-Петербурге удачных объектов необходимо отметить музей воды на территории предприятия «Водоканал» (см. рис. 5). Реконструкция здания водонапорной башни известна как первый в Санкт-Петербурге опыт ревитализации старых промышленных зданий. В проекте смешались стили XIX и XXI веков. Своеобразный эксперимент, ключевая задача которого заключалась в восстановлении и придании стенам башни и её внутреннему пространству новой функциональной нагрузки. При этом необходимо было максимально сохранить целостность интерьеров – красивых залов с арочными перекрытиями. «А вот способ, которым мы эту «консервацию» обеспечили, принадлежит совсем другой архитектурной стратегии. Это скорее знак, функциональная скульптура. Не просто сильная форма – форма осмысленная. Архитектурная сущность

любой башни – стремление вверх, и стеклянная вертикаль лестницы открывает это движение, обычно скрытое от глаз зрителя. Кирпичное здание как бы дублируется, утрачивая при этом свою материальность» [6] – говорит Евгений Подгорнов, руководитель мастерской «Интерколумниум». Первоначально кирпичный восьмигранный водонапорной башни (архитекторы Мерц И. А. и Шуберский Э. Г., 1860–1863 гг.) был связан с водой лишь функционально, не поддерживая этой темы во внешнем облике. Архитекторы студии «Интерколумниум» не только разместили в Башне музей под названием «Мир воды», но и добавили сооружению образности, сохранив при этом историческую постройку. Во многом последнему пункту поспособствовало решение вынести лифт и лестницу в отдельную постройку, что и стало главным акцентом Башни. Теперь в ней однозначно можно прочесть образ воды. Не осталась забыта и территория вокруг музея. Её облагородили, устроив в том месте целый сквер с фонтаном и различными скульптурами.



Рис. 5. Музей воды. Взято с сайта <http://lifeglobe.net/blogs/details?id=438>

На основе проведенного анализа было выявлено четыре основных пути решения обозначенных проблем:

- ревитализация, раскрытие потенциально новых возможностей недостроенных архитектурных объектов;
- завершение строительства объекта без изменения первоначального функционального замысла сооружения;
- временная изоляция объекта;
- полная ликвидация недостроенного архитектурного сооружения.

Применение этих путей решения рассмотрим более подробно на примере конкретного сооружения, а именно недостроенной гостиницы «Екатеринбург-Дели», расположенной на ул. Куйбышева рядом со зданием Цирка.

Строительство гостиницы началось в 1995 году, но из-за дефицита денежных средств и кризиса на рынке коммерческой недвижимости оно так и не было завершено. Гостиница



«Екатеринбург-Дели» находится в самом центре города и занимает достаточно большую площадь, которая никак не эксплуатируется. Кроме того, всего в нескольких метрах от сооружения расположена одна из самых загруженных станций Екатеринбургского метрополитена. Тысячи горожан и гостей г. Екатеринбурга вынуждены каждый день созерцать это строение, вне всяких сомнений, портящее облик мегаполиса. Этот факт не может не отразиться на качестве жизни граждан.

### **Ревитализация**

Данный путь хорош тем, что позволяет сохранить здание, практически не изменяя его внешний облик. Существует еще одна важная проблема, которой нужно уделить особое внимание – проблема безопасности конструкций. По мнению некоторых экспертов, каркас здания устарел и может представлять угрозу для потенциальных посетителей. Этот вопрос требует тщательного анализа и изучения. Возможно, для нормального функционирования здания потребуется замена или укрепление конструкций.

Концепция создания молодежного досугового центра предусматривает наличие различных выставочных пространств и галерей, конференц-залов и закрытой оранжереи (По аналогии с Фондовой оранжереей Ботанического сада г. Москва). Сам центр станет огромной образовательной площадкой для детей и подростков, на территории которого будут проводиться различные мастер-классы, форумы, выставки, лекции передовых специалистов и т.д. Закрытая круглогодичная оранжерея позволит создать не только популярное место для отдыха и времяпрепровождения, но и станет базой для различных кружков и объединений по изучению природы родного края. Основной сезон использования – лето. В остальные периоды здание может использоваться, но при условии готовности работать в уличных условиях. На объекте могут использоваться легкие быстро сборно-разборные конструкции.

### **Завершение строительства объекта без изменения первоначального функционального замысла сооружения**

Идея завершения строительства тоже имеет право на жизнь, т.к. по заявлению Михаила Вяткина, бывшего главного архитектора города, место расположения объекта является вполне удачным для создания гостиницы. Кроме того, исходя из перспектив проведения в Екатеринбурге Чемпионата мира по футболу в 2018 г. данная концепция на сегодняшний день является актуальной. Но этот путь решения данного вопроса является не только одним из самых затратных, но еще и самым нерациональным. Как считают эксперты - конструкция каркаса здания, разработанная более 20 лет назад потеряла свою актуальность и является неконкурентоспособной во всех отношениях, поэтому возможности завершения

строительства без утраты выразительности первоначального проектного решения практически нет [4].

### **Временная изоляция объекта**

Наименее затратным вариантом является временная изоляция сооружения с последующим превращением его в арт-объект. Как известно, недостроенные сооружения представляют угрозу здоровью и жизни граждан, поэтому во избежание несчастных случаев объект можно полностью изолировать: заложить все возможные входы в сооружение, до тех пор, когда администрация города или застройщик не найдут применение данному недостроенному сооружению. Та часть фасадов, которая находится в очевидно худшем состоянии, закрывается тентами с подсветкой, различного рода пластинами или элементами, напоминающими полиэтиленовые подушки, использовавшимися для строительства «Водного куба» в Пекине. Сочетание этих элементов с кирпичом создаст уникальный и современный арт-объект. Такое решение позволит эстетически улучшить облик постройки, создать популярное и безопасное место встречи для молодежи, и, кроме того, поддержит общую концепцию района, завязанную на близости к зданию цирка.

### **Полная ликвидация недостроенного архитектурного сооружения**

Снос сооружения является не самым рациональным способом решения проблемы недостроя, но в среде специалистов бытует мнение, что полная ликвидация здания является единственно верным решением в сложившейся ситуации [4]. Причиной этому является непригодность конструкций, о которой более подробно написано в 1 и 2 пунктах. Ликвидация сооружения и его фундамента освободит большую и выгодную площадь на берегу реки Исеть, которая при должном использовании может превратиться в одно из самых популярных и значимых мест в городе. На территории снесенной гостиницы можно, к примеру, разбить небольшой парк с облагороженным выходом на набережную, создав при этом важную рекреационную точку на карте города.

В заключение необходимо отметить, что предложенные пути отнюдь не являются самостоятельными и единственно-верными решениями. Практическое применение предложенных решений может значительно улучшить внешний облик г. Екатеринбурга и повысить качество жизни его горожан. Зарубежные и отечественные аналоги доказывают, что переосмысление здания, с точки зрения изменения его функции, приведет к притоку средств, инвесторов, арендаторов, что затем приведёт к улучшению этого фрагмента архитектурной среды. Важно помнить, что без достойного решения проблема обилия недостроенных объектов будет усугубляться с каждым годом. Старые объекты будут разрушаться, становясь менее пригодными для дальнейшей ревитализации, отравляя

городское пространство и препятствуя нормальному функционированию городской среды. Данная статья ставит перед собой задачу поднять проблему и в первую очередь заставить задуматься о её значимости для жителей г. Екатеринбурга.

### Библиографический список

1. Андреев М., Реновация промышленных территорий и объектов / М. Андреев [Электронный ресурс] – URL: <http://arch-grafika.ru> (дата обращения: 04.05.2017).
2. Анонимные отчёты сталкеров о своих вылазках на сайте urban3p.ru. [Электронный ресурс] - URL: [https://urban3p.ru/category/constructions/?region\\_id=853&page=3](https://urban3p.ru/category/constructions/?region_id=853&page=3) (дата обращения: 04.05.2017).
3. Боева Г., Трансформация феномена сталкерства в постсоветском культурном пространстве / Г. Боева // Стереотипы и национальная система ценностей в межкультурной коммуникации. Сб. статей. Вып.1. – СПб.: Ольштын, 2009. - С. 149-156.
4. Долгострой «Екатеринбург – Дели»: перспективы «кирпичной пирамиды» / УралБизнесКонсалтинг, информационно-аналитическое агентство. [Электронный ресурс] - URL - <http://urbc.ru/1068042791-dolgostroy-ekaterinburg-del..> (дата обращения: 04.05.2017).
5. Поротникова Н.С., Недостроенный промышленный объект в контексте сложившейся городской среды: особенности реабилитации / Н.С. Поротникова. [Электронный ресурс] URL: [http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz26\\_pril/24/template\\_article-ar=K41-60-k51.htm](http://book.uraic.ru/project/conf/txt/005/archvuz26_pril/24/template_article-ar=K41-60-k51.htm) (дата обращения: 04.05.2017).
6. Пчельников В.Н., Актуальность реорганизации деградирующих территорий / В.Н. Пчельников, А.В. Дзюба // Строительство и техногенная безопасность, Вып. 49. – Симферополь: РИО НАПКС, 2014. - С. 5-11.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРОЕКТ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО  
ЖИЛОГО КВАРТАЛА «МИЧУРИНСКИЙ»  
В ВЕРХ-ИСЕТСКОМ РАЙОНЕ Г.  
ЕКАТЕРИНБУРГ**

*Загидуллина В. М.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия  
ООО «ЛСР. Строительство – Урал», г. Екатеринбург, Россия,  
marsovnavenera@gmail.com

*Хиленко Д. В.*

ООО «ЛСР. Строительство – Урал», г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Представлен проект высокоэнергоэффективного жилого квартала «Мичуринский» в Верх-Исетском районе г. Екатеринбург. Проект выполнен в ПК AllPlan.

**Ключевые слова:** жилой комплекс, энергоэффективность, AllPlan, бесшовный фасад.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**PROJECT OF THE ENERGY-EFFICIENT  
RESIDENTIAL QUARTER "MICHURINSKY" IN  
THE VERKH-ISETSKI DISTRICT OF  
EKATERINBURG CITY**

*Zagidullina V. M.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

«LSR.Stroitelstvo – Ural», Ekaterinburg, Russia, marsovnavenera@gmail.com

*Khilenko D. V.*

«LSR.Stroitelstvo – Ural», Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The project of a highly energy-efficient residential quarter "Michurinsky" in the Verkh-Isetsky district of Yekaterinburg city is presented. The project is designed in PC AllPlan.

**Key words:** residential complex, energy efficiency, AllPlan, seamless facade.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В последние годы государство внимательно обратилось к проблеме обеспечения граждан жильём. Разрабатываются различные стратегии и программы, направленные на решение жилищной проблемы. Большой интерес для граждан представляет малоэтажное строительство, ведь оно может обеспечить формирование качественно новой среды обитания. Дом на земле формирует в человеке чувство собственности, ответственности.

Мы считаем, что «Мичуринский» – это возможность объединить городской комфорт проживания с экологичностью загородной жизни. В основу проекта положен европейский подход: малоэтажная секционная застройка – сочетание индивидуального жилья и многоквартирной застройки.

Этот проект предусматривает:

- многоквартирные дома не выше 5 этажей;
- детские сады и общеобразовательные школы;
- спортивные сооружения.

Проект ЖК «Мичуринский» располагается рядом с существующей застройкой поселка Мичуринский, состоящей из индивидуальных жилых домов, таким образом, проект новой застройки органично вписался в общий план района, не нарушив сочетание загородного жилья с большим количеством зелени вокруг.

Проект отличается оригинальной архитектурой (см. рис. 1), яркими цветными фасадами, украшенными декоративными и функциональными ламелями.



Рис. 1. Вид на застройку ЖК «Мичуринского»

Объект имеет нелинейные фасады (см. рис. 2), панорамное остекление некоторых комнат и лоджий. В проекте осуществлена энергоэффективная посадка домов скобками.





Рис. 2. Главный фасад

Жилой квартал «Мичуринский» расположен вблизи границы Европы и Азии, что стало определяющей доминантой для проектирования благоустройства и озеленения. Комплекс условно разделен на 2 части: Европу (дома с синими крышами) и Азию (дома с оранжевыми крышами). В "Европе" лаконичные прямые линии прогулочных аллей утопают в зелени специально высаженных деревьев, "Азия" будет радовать глаз своими извилистыми дорожками, зелеными оазисами.

### Разнообразие планировочных решений

Изюминкой проекта является богатая коллекция планировочных решений. Проектом предусмотрены разнообразные планировки 1, 2 и 3-комнатных квартир, в том числе и квартиры с антресолями (см. рис. 3).

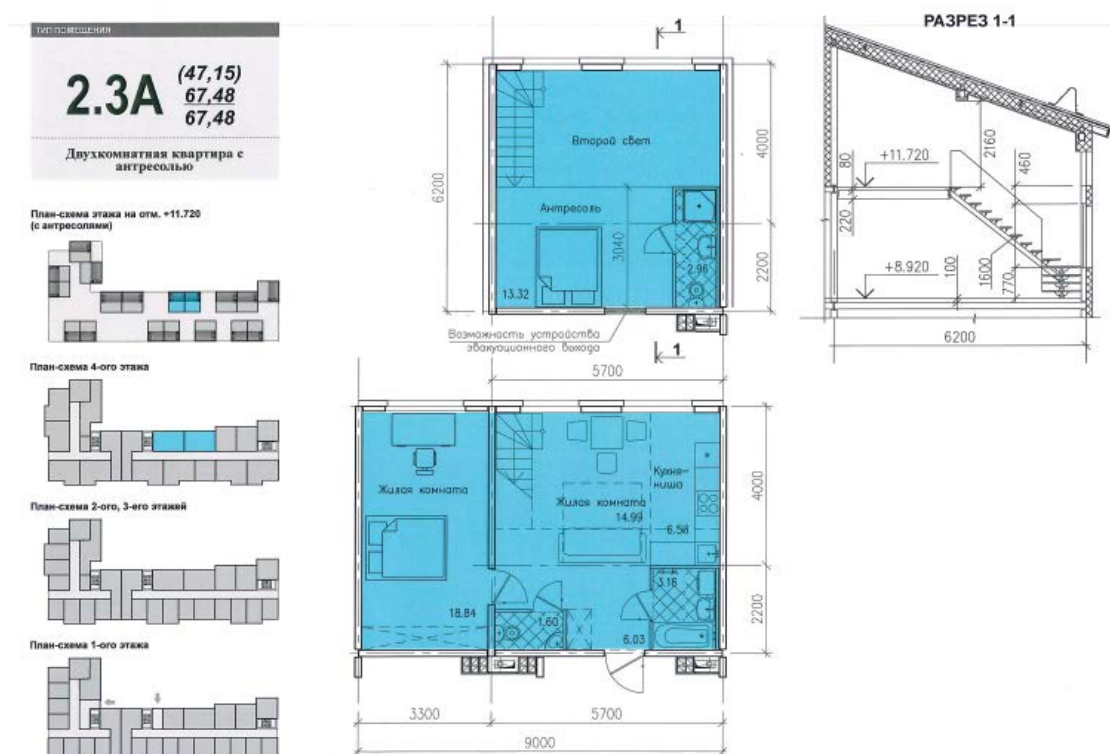


Рис. 3. Пример планировки двухкомнатной квартиры



В некоторых квартирах на 1 этажах расположены подполья до 17 м<sup>2</sup>, в которых жильцы в зависимости от своих потребностей могут организовать мастерскую, кладовую или погреб. В некоторых квартирах на 1-х этажах вместо традиционных лоджий и балконов обустроены индивидуальные входы в квартиру.

Среди предлагаемых вариантов есть двухуровневые квартиры со 2-м светом, очень востребованные у покупателей, которые любят интересные планировочные решения.

### **Железобетонные изделия**

Дома в ЖК «Мичуринский» проектируются из железобетонных изделий, изготавливаемых на заводе компании ООО «ЛСР. Строительство – Урал». Эти изделия имеют точные размеры в соответствии с чертежами и высокое качество поверхности. Преимущество железобетонных изделий заключается в гибкости размеров и форм. Разнообразие планировочных решений положительно влияет на эстетическую привлекательность домов. Также преимуществом является высокая скорость монтажа.

### **Однослойные стеновые панели**

Такие панели отличаются высокой прочностью и устойчивостью к воздействию высоких температур. Категория поверхности однослойных стеновых панелей компании «ЛСР. Строительство – Урал» позволяет сразу приступать к отделке панелей обоями.

### **Современное программное обеспечение**

Проектирование жилого квартала «Мичуринский» выполнено в программном комплексе AllPlan. Преимущества данного ПО:

- одновременная работа специалистов над всеми разделами проекта;
- автоматическое сопряжение инженерных систем, элементов здания и изделий;
- автоматическая корректировка изменений в проектах;
- автоматическое создание планов, видов, разрезов и проекций;
- визуализация: объемная анимация, виртуальный проход по зданию;
- точность проектирования и количественных расчетов;
- редактируемые библиотеки, включая каталоги по ГОСТам и сериям;
- совместимость данных с другими графическими и расчетными системами;
- проектирование железобетонных изделий (см. рис. 4).

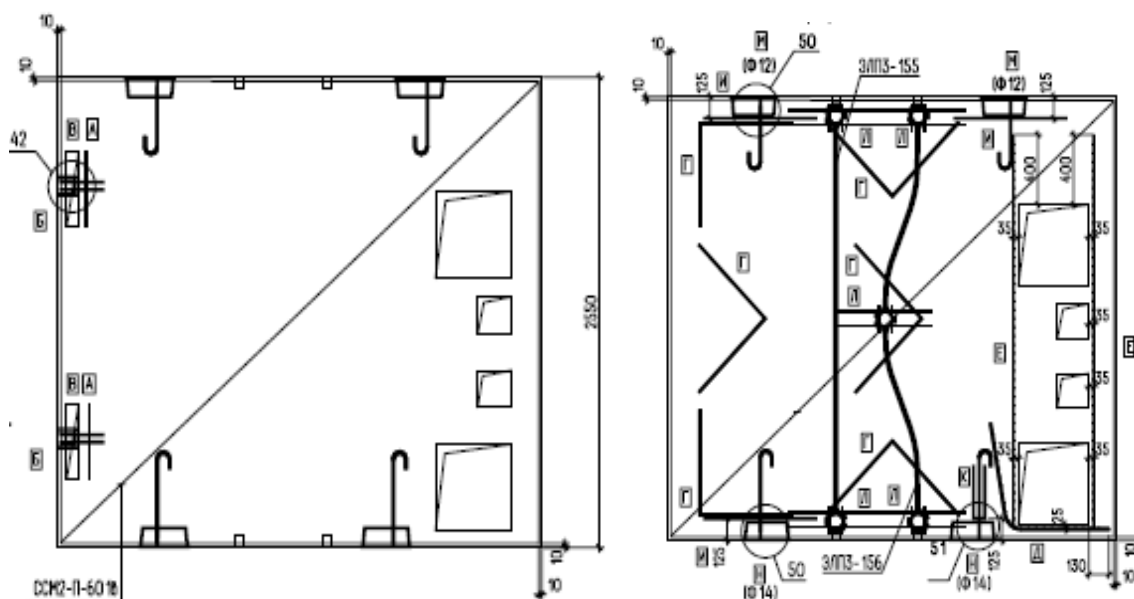


Рис. 4. Пример армирования ж/б плиты в ПК «AllPlan»

## Бесшовный фасад

Технология бесшовного домостроения (см. рис. 5) является энергоэффективной и прогрессивной технологией строительства.

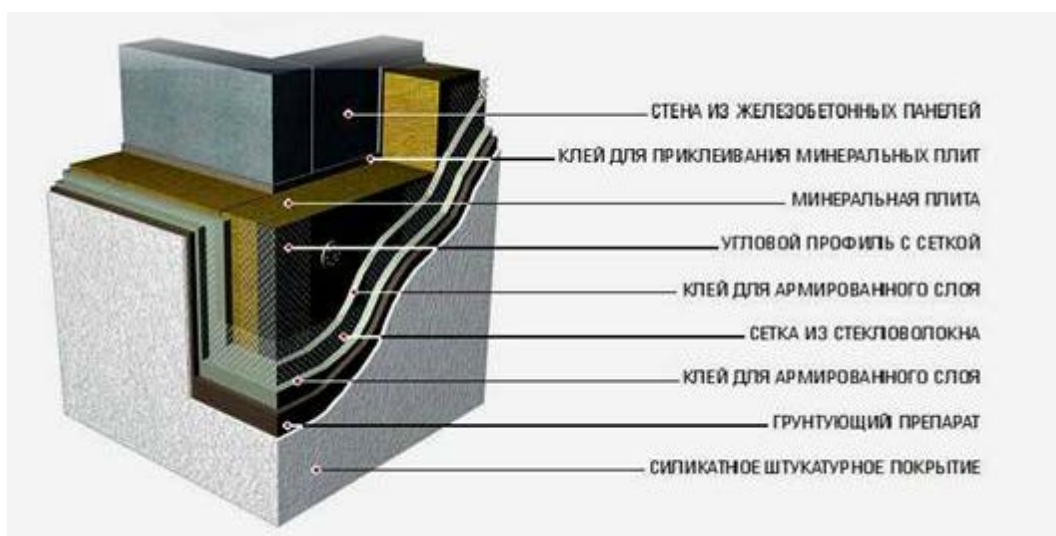


Рис. 5. Бесшовный фасад

По технологии «без швов» каркас здания собирается из однослойных железобетонных панелей толщиной 120–160 мм. Затем с наружной стороны прикрепляется теплоизоляционный слой из материалов с низким коэффициентом теплопроводности. Помимо тепловой защиты, он является основанием для нанесения штукатурного слоя. Поверх слоя утеплителя наносится армирующий слой из специального клеевого состава и сетки из стекловолокна, вдавленной в клеевой состав, с последующим нанесением грунтовочного слоя. Завершает наружную отделку стены минеральная, полимерная,

декоративная штукатурка шероховатого покрова. Такая технология отделки фасадов обеспечивает единую поверхность стен без швов, ничем не отличимую от монолитных домов бизнес-класса, а индивидуальные и яркие фасады домов позволяют создавать привлекательный облик микрорайона в целом.

Преимущества бесшовного фасада:

- архитектурная и эстетическая привлекательность;
- энергосбережение и экономия на эксплуатационных расходах;
- улучшенная теплоизоляция, отсутствие межпанельных швов и «мостиков холода»;
- улучшенный микроклимат квартир за счет превосходных водоотталкивающих свойств и отличной паропроницаемости фасада;
- увеличение срока службы конструкции;
- предотвращение усадочных и механических деформаций стены благодаря малым колебаниям температуры в конструкционном слое.

Технология «бесшовного» фасада позволяет сократить расход тепловой энергии до 30 % по сравнению со зданиями, фасады которых построены по традиционной технологии (по данным «Научно-технического центра по сертификации строительных конструкций и энергоаудиту»).

### Сеткосварочная машина

При проектировании сборных железобетонных плит перекрытия и плит покрытия осуществляется создание арматурных сеток изделия в редакторе сварки (см. рис. 6).

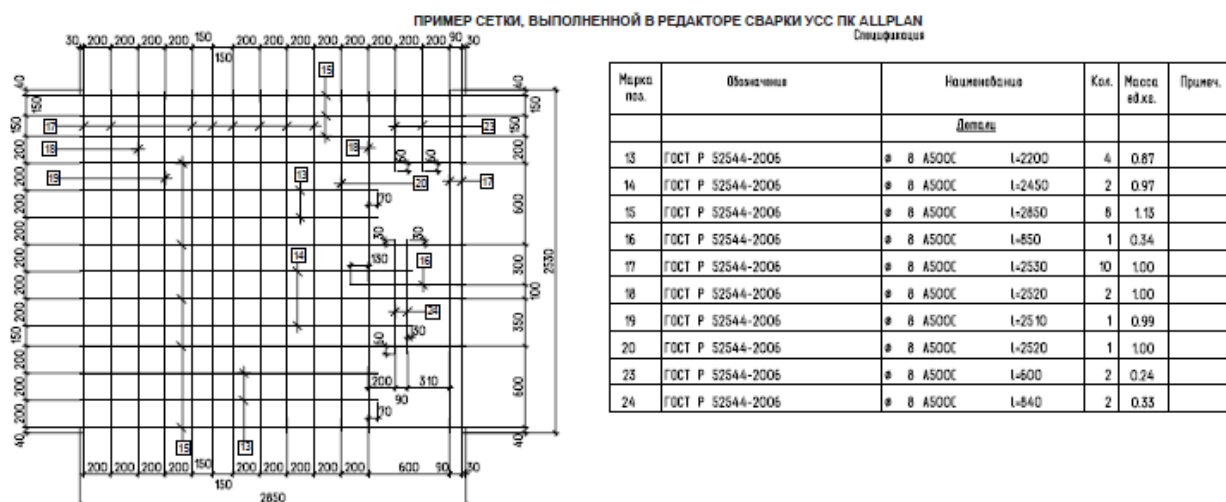


Рис. 6. Сетка CCM, разработанная в ПК «AllPlan»

Этот современный инновационный подход позволяет ускорить процесс производства железобетонных плит на заводе, т.к. специальный ЧПУ-файл, содержащий информацию об

арматурном каркасе изделия, подается на специальную сеткосварочную машину, которая изготавливает автоматизированным способом данный арматурный каркас для изделия.

Сеткосварочная машина (см. рис. 7) состоит из перемещаемого вбок сварочного модуля, на котором расположены сварочные блоки с шагом 50 мм. Эти сварочные блоки можно регулировать по отдельности. При этом блоки точечной сварки можно включать и выключать отдельно. Помимо этого, предусмотрена подача поперечных прутков над продольными прутьями или под ними, что исключает необходимость переворота сетки и сокращает, соответственно, высоту пачки сеток.



Рис. 7. Сеткосварочная машина FBE-140

К машине подсоединен правильный автомат для подготовки продольных и поперечных прутков. Автоматическая переналадка на другой диаметр прутка позволяет использовать прутки диаметром от 5 до 12 мм, не тратя много времени на переналадку. Это позволяет учитывать и проемы для дверей и окон, а также изготавливать сетки различной геометрии и применять арматурные прутки разного диаметра для одной сетки без переналадки вручную.

Этот комплекс соответствует высоким требованиям к скорости проектных работ, т.к. ПК AllPlan позволяет выполнять конструкторскую работу по созданию сеток для изделий в редакторе сварки. А продукт работы по окончании подается на автомат.

### **Утепленный фундамент**

Непрерывный контур утепления фундамента, выполненный начиная с фундаментной отметки, на 10 % уменьшает количество теплопотерь.

### **Горизонтальная поквартирная разводка сетей**

Современная технология горизонтальной разводки сетей отопления обеспечивает скрытую укладку трубопровода к отопительным приборам, что приводит к отсутствию стояков, которые портят эстетичный вид квартиры. В основном, при монтаже такой системы используются металлопластиковые, либо из сшитого полиэтилена трубы. Срок эксплуатации

труб по такой технологии составляет более 50 лет. Существенным преимуществом данной разводки теплоснабжения является легкое регулирование системы отопления отдельной квартиры независимо от других квартир, а также установление комфортного уровня тепла, подаваемого в квартиру. Данная система позволяет установить индивидуальные приборы учета тепла.

При горизонтальной разводке сетей теплоснабжения в квартиры устанавливаются стальные панельные радиаторы, которые рассчитаны на рабочее давление в 8–10 атмосфер. Преимущество стальных радиаторов:

- быстрый нагрев и охлаждение за счет малого объема циркулирующего теплоносителя;
- экономичность, связанная с высокой теплоотдачей;
- наличие регулируемого энергосберегающего режима;
- длительный срок службы, обеспеченный высокими характеристиками материала.

### **Индивидуально-тепловые пункты**

В основе ИТП лежит энергосберегающая технология. Преимущества автоматизированного индивидуального теплового пункта:

- экономия тепловой энергии составляет около 20–30 %;
- за счет автоматизации регулирования отпуска тепла конкретному потребителю экономится от 15 % тепла на отопление;
- автоматически поддерживаются комфортные условия проживания за счет контроля параметров теплоносителей;
- оплата потребленного каждым зданием тепла осуществляется по фактически измеренному расходу за счет использования приборов учета.

### **Заключение**

Результатом кропотливой конструкторской работы является достижение ряда энергоэффективных показателей, представленных на рис. 8.

Расчет по фактической стоимости коммунальных платежей в ЖК «Мичуринский» за март-апрель 2014 г. и средним показателям квартир на вторичном рынке с одинаковым количеством проживающих человек показал значительную экономию – до 50 %.

Представленный проект соответствует критериям конкурсной оценки, потому что:

- «Мичуринский» стал лучшей малоэтажной застройкой города Екатеринбурга в 2013 году, победителем III Премии рынка недвижимости Екатеринбурга.
- «Мичуринский» выбран Администрацией города Екатеринбурга для совместного участия на международной выставке ИННОПРОМ 2014 г. (единственный жилой проект, представленный непосредственно на стенде Администрации города Екатеринбурга).

- «Мичуринский» стал финалистом VI специализированной Премии «Рекорды рынка недвижимости» в номинации «Региональный объект № 1».



Рис. 8. Показатели энергоэффективности

В декабре 2014 г. ЖК «Мичуринский» удостоен дипломом лауреата в номинации «За энергоэффективность». Данный жилой комплекс прошел оценку по стандарту Green zoom, т.к. был спроектирован с учетом эффективного использования энергоресурсов.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **МАЛЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ФОРМЫ АСТАНЫ**

*Исходжанова Г. Р.*

Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы,  
Республика Казахстан, galine\_r@mail.ru

*Мукашева М. М.*

Казахская головная архитектурно-строительная академия, г. Алматы,  
Республика Казахстан, madekammm@mail.ru

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые малые архитектурные формы города Астана, даны краткое описание, история создания. Основные принципы проектирования и общая классификация. Рассматриваются малые архитектурные формы и временные сооружения, скульптуры, арт-объекты как пространственный средообразующий компонент в формировании комфортной городской среды города, как элементы уникальности и запоминаемости каждого отдельного рекреационного пространства. Заключение, некоторые выводы и авторские рекомендации по благоустройству городского пространства города Астана.

**Ключевые слова:** малая архитектурная форма, городская среда, фасад, архитектура Казахстана.



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **SMALL ARCHITECTURAL FORMS OF ASTANA**

*Ishodzhanova G. R.*

Kazakh Leading Architectural and Civil Engineering Academy, Almaty,  
Republic of Kazakhstan, galine\_r@mail.ru

*Mukasheva M. M.*

Kazakh Leading Architectural and Civil Engineering Academy, Almaty,  
Republic of Kazakhstan, madekammm@mail.ru

**Abstract.** In the article are considered some small architectural forms of the city of Astana, a brief description, history of creation are given. Basic design principles and general classification. Small architectural forms and temporary structures, sculptures, art objects are considered as a spatial environment-forming component in the formation of a comfortable urban environment of the city, as elements of the uniqueness and memorability of each individual recreational space. Some conclusions and author's recommendations on the improvement of the urban space of the city of Astana.

**Key words:** small architectural form, urban environment, facade, architecture of Kazakhstan.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Сложная функционально-пространственная система современной городской среды постоянно является объектом изучения и проектирования для дизайнеров и архитекторов. Сегодня для казахстанских городов актуальна проблема организации пространственной социальной инфраструктуры современной урбанистической, городской среды, оказывающей влияние на жителей. Готовность к обновлению окружающего мира, направленность на наиболее современные формы деятельности и общения – характерные черты социокультурной активности жителей крупного города, что отражается на освоении ими в повседневной жизни окружающей городской среды, существенно меняет функции дизайна городской среды и актуализирует проблему качества жизни горожан. Необходимо переосмысление процессов глобализации, информатизации, виртуализации городской среды, а также обновления архитектурно-дизайнерской теории с точки зрения её гуманизации, более внимательного отношения к проблемам человека и общества [1].

В жизни города любые мелочи играют немаловажную роль. Молодая столица Казахстана, Астана не скупится на разнообразные украшения и полноправно входит в галерею городов, украшенных интересными малыми формами в виде памятников и скульптур. Малые архитектурные формы практически постоянно находятся в поле зрения человека, воздействуя на формирование его эстетического вкуса, поэтому они должны отвечать высоким требованиям современного художественного оформления и иметь качественную отделку.

Основными принципами проектирования малых архитектурных форм в формировании дизайна рекреаций городской среды, в том числе города Астаны, являются:

- комплексность, заключающаяся в проектировании не отдельных малых архитектурных форм, а их комплексов, проектировании функционально и композиционно взаимосвязанных элементов предметно-пространственной среды. Сегодня малые формы не рассматриваются как отдельные самостоятельные элементы, а включаются в сценарий формирования и организации функционального зонирования пространства городской среды;
- единая идея проекта, проектирование комплексов малых архитектурных форм в едином стиле с учетом стилевых особенностей сложившегося образа окружающей застройки городской среды;
- проектирование с учетом своеобразия природных условий и своеобразия ландшафта проектируемой городской среды;
- сохранение национального колорита, преемственности, учет культурных традиций;
- создание интересного, запоминающегося художественного образа, соответствие художественного своеобразия малых форм своему назначению;

- функциональное зонирование, малые архитектурные формы позволяют делить территорию рекреаций на определенные зоны, различные по своему назначению, позволяют расставить акценты в нужных местах;
- применение природных материалов в городских условиях олицетворяет природу, создает комфортную среду, близкую человеку психологически
- учет эргономических требований при проектировании малых форм в среде города;
- масштабность и соразмерность, гармоничное сочетание частей и целого, соотношение масштаба малых архитектурных форм с масштабом человека и окружающего пространства;
- рациональное, эффективное использование материалов и конструкций [2].

Идентичность и эмоциональная связь с местом особенно важны для рекреаций городской среды, активное освоение и использование среды связывает горожан с местом их проживания. Элементами уникальности и запоминаемости каждого отдельного рекреационного пространства могут стать необычные арт-объекты, малые формы, скульптуры и другие объекты, подчиненные какой-либо общей теме или связанные с историей города.

Наиболее распространенным видом монументально-декоративного искусства в г. Астана является представляемая в различных вариантах скульптура. В последнее время жанровая скульптура стала очень популярной и представляет собой характерные бытовые сценки, делающие город привлекательней для горожан и для туристов. Так, например, в г. Астана стало модным ставить скульптуры, значимые для истории города: скульптура джигита, национальных игр, музыкальных инструментов и т.п.

Большими усилиями построен современный город, грандиозные архитектурные ансамбли, массивы новых жилых районов, мощные автомагистрали, бульвары. И сейчас наступило время «оживить», «облагородить» это архитектурное пространство с помощью художественных средств. Городская среда и взаимодействие ее с человеком является одним из главных факторов формирования образа и репутации города во внешнем пространстве.

Более 100 малых архитектурных форм украсили улицы Астаны. Необычные фигуры и композиции в виде зверей, огромных цветов – результат творчества столичных архитекторов, скульпторов и дизайнеров. Многие из них сделаны в национальном стиле и отражают традиции и обычаи казахского народа. Они использовали такие материалы, как железо, гипс, акрил, фибробетон, стекловолокно и даже ткани. Среди МАФов можно увидеть «Приготовление Наурыз коже», «Кыз куу», «Кокпар», «Пробуждение весны», фигурки лошадей, верблюдов, архаров, ястребов, беркутов, вазоны с тюльпанами.



Рис. 1. Фонтан из 16 подков. Horseshoe and Wheel. 2007 г

Автор: эрцгерцогиня Австрийская, художница и скульптор Габриэла фон Габсбург (Gabriela von Habsburg); материал: нержавеющая сталь; дата открытия: 2007; место расположения: Казахстан, Астана, парк «Жастар Саябағы» («Парк влюбленных»), между зданием АО НК «КазМунайГаз» и улицей Сарыарка

Скульптура состоит из 16 подков, символизируя четырех лошадей бегущих в разные стороны света. Тем самым, напоминая о том, что Казахстан развивается во всех направлениях света, открыт всему миру и это страна свободы.

Все подковы установлены на символическом колесе — это колесо означает объединение всех наций в их движении вперед. Фонтан создан из металлоконструкций, говорящих о времени и продолжительности человеческой жизни. Скульптура сделана из нержавеющей стали, поэтому любимая привычка бросить монетку на счастье, здесь может обернуться коррозией металла.

Золотое сердце засияло на площади влюбленных столицы - благотворительный фонд «Бауыржан» к десятилетию города Астаны, подарил столице монумент благотворительности и милосердия «Алтын Журек». Данная идея была тепло встречена и поддержана Аппаратом акимата города Астаны и была выделена земля под возведения монумента в левобережном парке влюбленных «Жастар Саябағы».

В 2005 году в городские власти города Астана провели конкурс среди скульпторов, художников и дизайнеров, предложив им разработать проекты украшения города малыми архитектурными формами и декоративными скульптурами. Лучшие из предложенных проектов были впоследствии воплощены в жизнь, в результате чего на улицах Астаны появились необычные и весьма привлекательные произведения искусства.



Рис. 2. Монумент «Алтын Жүрек. 2008 г

Автор: Китай; материал: бронза, нержавеющая сталь; дата открытия: 25.06.08; место расположения: Казахстан, г.Астана, левобережье, парк «Жастар Саябағы» («Парк влюбленных»), между зданием АО НК «КазМунайГаз» и улицей Сарыарка; характеристика монумента: высота 10 метров

Эти работы придали городу совершенно иной вид, добавив свежести и шарма улицам Астаны. Проекты достаточно сильно отличаются друг от друга, но их нередко роднит стремление воплотить в камне, бронзе и даже пластике сущность казахской культуры.



Рис. 3. Памятник «Жер-ана» (Земля-мать), 2008 г



Памятник «Жер-ана» (Земля-мать) – творение российского скульптора Даши Намдакова, представляющее собой образ гигантского быка длиной более 10 метров, на котором возвышается сакская царица Томирис, окруженная двумя барсами. Скульптурная композиция, созданная в 2008 году, помещена на постамент и стилизована в духе древних памятников Переднего Востока. Размах рогов огромного животного достигает семи метров, а изображения мелких деталей поражают своей точностью. Согласно легенде, благодаря мужеству царицы Томирис разрозненные племена были объединены и составили одно из первых на территории Казахстана государств.



Рис. 4. Скульптурная композиция "Древо жизни". Площадь Жан алан в 2000 г

Выполненный из камня и бронзы искусственный источник был создан по проекту художника Азата Боярлина. Центральный элемент композиции – причудливое дерево, установленное в самом сердце фонтана. Помимо него, "Древо жизни" украшают статуи барана, верблюда, коня и быка, которые в тюркской мифологии являются символами четырех стихий. Символика самого дерева имеет несколько интерпретаций – корни символизируют связь с предками и подземный мир, ствол олицетворяет мир, в котором сейчас живут люди, т.е. срединный мир, а ветви символизируют будущих потомков и духовность.

Серия скульптур, установленная на Круглой площади в Астане в 2005 году, появилась в результате проведенного городскими властями конкурса среди художников, скульпторов и дизайнеров. Лучшие проекты мастеров были воплощены в жизнь и удостоены чести украшать город. Так на улицах столицы Казахстана появились весьма оригинальные произведения искусства. Всего вдоль 330-метрового периметра Круглой площади установлено 12 скульптур. Также здесь можно увидеть ряд интересных национальных скульптур: шамана с кобызом, кочевников, табун лошадей и другие скульптуры,

символизирующие ключевые тюркские образы. Они, словно ожившие в бронзе петроглифы, – легкие, даже неуловимые фигуры, украшение бульвара, его изюминка.



Рис. 5. Серия скульптур «Кочевники» на площади в Астане, 2005 г

В Астане вообще множество скульптур - совершенно разных - от классических до авангардных.

### **Пять инсталляций Astana Art Fest**

Сегодня городскую среду необходимо сделать более интересной, динамичной, комфортной, учитывать новые тенденции в проектировании городских рекреаций. Городские рекреации становятся местом для кратковременных, но важных видов активности, таких как музыка, утренняя гимнастика, фестивали, инсталляции и другое [3].

В Астане прошел второй фестиваль современного искусства, дизайна и архитектуры Astana Art Fest. Основная часть выставленных на фестивале архитектурных форм, являются лишь примерами, как можно оформить разные части города. По словам самих дизайнеров, каждое из решений может дорабатываться, меняться и улучшаться, чтобы сделать его более функциональным и удобным. Между тем на территории фестиваля были организованы целые инсталляции для хорошего времяпрепровождения горожан.

На фестивале Art Energy работают 7 основных площадок: промышленный дизайн, архитектура, цифровое искусство, театр, инсталляции и малые архитектурные формы, музыка и Форум городских инициатив. Astana Art Fest объединяет искусство нового поколения.



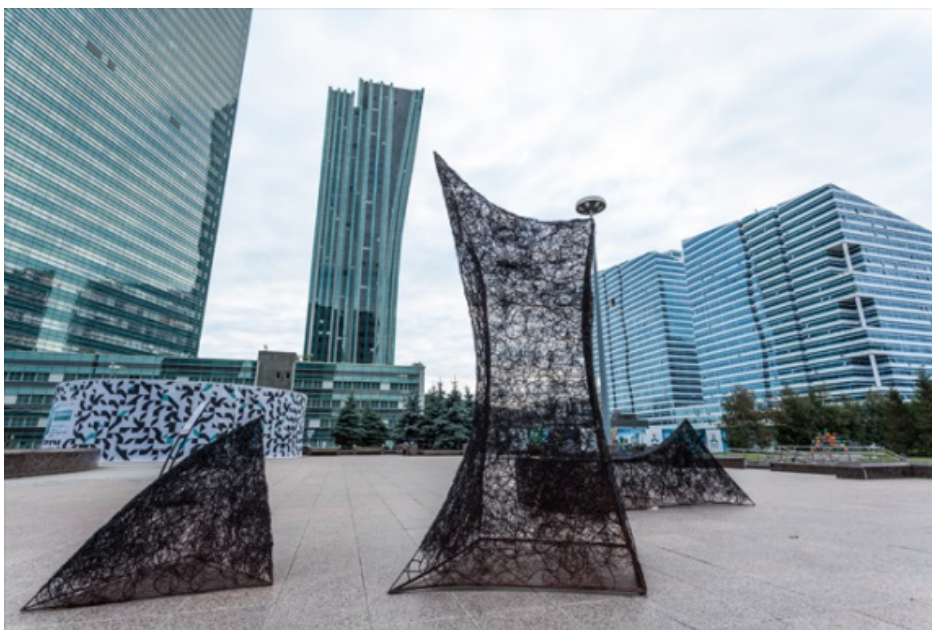


Рис. 6. Сырлыбек Бекботаев, "Портрет энергии", инсталляция, 2016 г

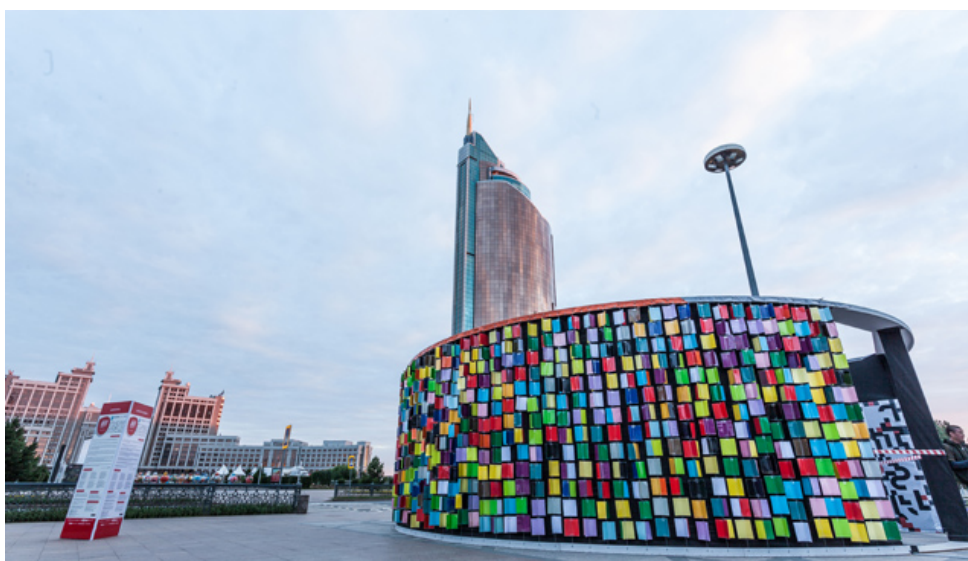


Рис. 7. Дарион Шаббаш, "Экран", кинетическая скульптура, 2016 г

Объект Дарион Шаббаш – это скульптура, состоящая из несколько десятков разноцветных бумажных элементов. Они реагируют на порывы ветра, прокручиваясь вокруг своей оси, меняя цветовые стороны и создавая вечно подвижную переливающуюся стену [6].

Астана по праву считается городом будущего, так как в его развитие вкладывается большое количество инновационных идей и инвестиций. Левый берег города был построен с нуля за несколько лет, и в настоящее время строительство не заканчивается.

Задача дизайнеров и архитекторов – сбалансировать функционально-пространственную систему города через использование малых архитектурных форм,

природных и искусственных зеленых пространств, что вызовет интерес человека к местам, где он живет, учится, работает.

В устойчивых городских средах малые архитектурные формы и временные сооружения выступают как подвижный наполнитель, часто компенсирующий ее недостатки – инертность к потребительским приоритетам и социально-экономическим колебаниям, общую инфраструктурную неразвитость и, кроме того, как пространственный средообразующий компонент.

Фестиваль превратил один из красивейших бульваров столицы в музей современного искусства под открытым небом. Территорию поделили на четыре тематических направления: современное искусство, архитектура, дизайн и театр.

В Астане существует важная проблема согласованности малых архитектурных форм с окружающей средой. Сам по себе функциональный объект может создавать “визуальный шум” в среде или стилистически выпадать из окружающего контекста. Снятие этого противоречия заключается не в механическом удалении объекта из среды либо его перемещении, но в проектировании функциональных объектов именно для данной среды.

В зависимости от проектных задач и назначения можно выделить три основных принципа проектирования малых архитектурных форм:

- растворение формы в пространстве;
- стилистическое единство формы и пространства;
- выделение формы в пространстве [4].

На мой взгляд, этот принцип в недостаточной мере используется в практике отечественного проектирования. А в некоторых случаях мы имеем дело с недостаточно глубоко разработанными образцами.

Необходимо знать элементы и их составляющие, так как форма, и структура есть способы связи, организации содержания. Понятие элемента имеет общее значение. Элементы представляют собой части предмета или процесса, не просто полученные путем произвольного деления их, а составляющие целое, которое осуществляет задачу гармоничного функционирования объекта [5].

При создании знаков города используются традиционные технологии, материалы, темы, вплоть до прямого цитирования культурного достояния. В результате даже знаки въезда даже в небольшие города чаще всего не только обозначают место, но и выражают его самобытность. То есть не просто выполняют знаковую функцию, а, имея собственную художественную ценность, организуют окружающее пространство [7].

При подготовке архитекторов и дизайнеров необходимо более углубленное понимание специфики и методик проектирования малых архитектурных форм. Помимо

функциональной, технологической, эргономической, экономической и эстетической составляющих проекта совершенно необходимо освоение приемов стилизации, свободного владения историческими стилями, принципов гармонизации среды.

Декоративное уличное искусство – это мировая тенденция, и Астана достойно пополнила галерею городов, украшенных малыми архитектурными формами!

### **Библиографический список**

1. Вяткина Б.М./ Повышение конкурентоспособности городской территории/ Известия ВУЗов/ 2013. №12. 74-79 с.
2. Малая архитектурная форма : методические указания к курсовому проекту по дисциплине "Архитектурное проектирование" для 1-го курса специальности 1-69 01 01 "Архитектура" / сост. Г.Г. Тарасова ; кол. авт. Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Теория и история архитектуры" . - Минск : БНТУ, 2005. - 38 с. : ил.
3. Горохов В.А., Инженерное благоустройство городских территорий: Учеб. пособие для вузов/ В.А. Горохов, Л.Б. Лунц, О.С. Расторгуев; под общ. ред. Д.С. Самойлова. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройизда, 1985.– 215 с.
4. Месенева Н.В. К вопросу использования малых архитектурных форм в дизайне городской среды// Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 8-2. – С. 256-260.
5. Лебедев Ю.С., Рабинович Ю.И., Попожай Е.Д. Архитектурная бионика / Под ред. Ю.С.Лебедева. — М.: Стройиздат, 1990. — 269 с.
6. <http://news.nur.kz/310459.html>
7. <https://www.top-technologies.ru/ru/article/view?id=36139>

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПОПУЛЯРИЗАЦИЯ ИСТОРИКО-  
АРХИТЕКТУРНОГО НАСЛЕДИЯ  
ЕКАТЕРИНБУРГА СРЕДСТВАМИ  
СОВРЕМЕННОГО ГОРОДСКОГО  
ДИЗАЙНА**

*Казакова А. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия

*Васильева Т. С.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия

*Фасхутдинова А. И.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия

*Игнатьева В. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия, [ignatyeva\\_vo@list.ru](mailto:ignatyeva_vo@list.ru)

*Ибрагимов И. А.*

Уральский государственный архитектурно-художественный  
университет, г. Екатеринбург, Россия, [ibria@yandex.ru](mailto:ibria@yandex.ru)

**Аннотация.** В данной статье рассмотрена проблема сохранения историко-культурного архитектурного наследия города. Рассмотрена и проанализирована количественная статистика объектов, находящихся в разрушенном и полуразрушенном состоянии, требующих реставрации и реконструкции. Исходя из проведенного анализа и собранных данных актуализированы четыре подхода, направленные на реконструкцию и популяризацию историко-архитектурного наследия г. Екатеринбурга с использованием средств современного городского дизайна.

**Ключевые слова:** популяризация, реставрация, реконструкция, архитектура Екатеринбурга, сохранение, наследие, возрождение.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**POPULARIZATION OF HISTORICAL AND  
ARCHITECTURAL HERITAGE OF  
EKATERINBURG BY MEANS OF MODERN  
URBAN DESIGN**

*Kazakova A. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Vasilyeva T. S.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Faskhutdinova A. I.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Ignatyeva V. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ignatyeva\_vo@list.ru

*Ibragimov I. A.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ibria@yandex.ru

**Abstract.** The article deals with the problem of saving architectural heritage. Considered and analyzed quantitative statistics of destroyed and partly ruined valuable historic objects. There are four ways stated by the author, to reconstruct and popularize Yekaterinburg architectural heritage using means of contemporary urban design.

**Key words:** popularization, restoration, reconstruction, architecture of Yekaterinburg, preservation, heritage, revival.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В последние годы на проблему сохранения культурного наследия обращают всё большее внимание многие архитекторы, философы, градостроители, историки, искусствоведы, литературоведы, культурологи и другие представители научной сферы. Такой повышенный интерес вызван высокими темпами развития современного общества, постоянной систематизацией знаний об обществе и окружающей среде, осознанием того, что наследие является фундаментом культуры и важнейшим условием ее развития. Все эти факторы привели социум к изменению понимания своего культурного наследия и его роли в развитии современного мира, заставляя искать различные способы решения не только проблемы сохранения своей истории, но и проблемы её популяризации среди обычных горожан.

В городах, на протяжении всего периода их существования, осуществлялся бурный процесс накопления различных «пластов культурного наследия», несущих в себе бесценную информацию о людях, населявших эту местность, о роде их занятий, об их нравственных представлениях и идеалах.

Архитектурные объекты, как и всё в нашем мире имеют свой срок службы, поэтому со временем необходимо заниматься их реставрацией. Целью этого «возрождения архитектуры» служит максимальное придание строению его изначального внешнего вида. Именно поэтому реставрация является очень сложным и кропотливым делом, для которого необходимо проведение различных исследовательских работ, анализа, производственных и проектных работ для максимального сбережения сооружений, имеющих историческую ценность. К сожалению, очень часто за неимением необходимых средств, времени или компетенции в данном вопросе грубо нарушается процесс реконструкции объекта, что приводит к катастрофическим последствиям.

Количественная статистика наглядно демонстрирует, насколько много в современном Екатеринбурге объектов культурного наследия, находящихся в очень скверном состоянии. Такие сооружения не только не выполняют свою прямую функцию т.к. зачастую являются аварийно-опасными, но еще и портят облик города (см. рис. 1).

С каждым годом состояние таких зданий ухудшается, а шансов на максимальное сохранение даже после тщательной реставрации становится все меньше. К несчастью, из-за такой невнимательности и бездействия были утрачены уже многие ценные объекты наследия, такие как усадьба Я. И. Панфилова, находящаяся на улице Розы Люксембург, г. Екатеринбург (см. рис. 2). По заявлению научного руководителя проекта реставрации усадьбы, гендиректора «Первой архитектурно-проектной мастерской» Владимира Руднева, даже при тщательной реконструкции сохранить фасад в его историческом виде невозможно,



сохранить в первозданном виде удастся не более 30 % стен и часть внутренней отделки. Примерно на 70 % здание придется выстраивать заново [3].

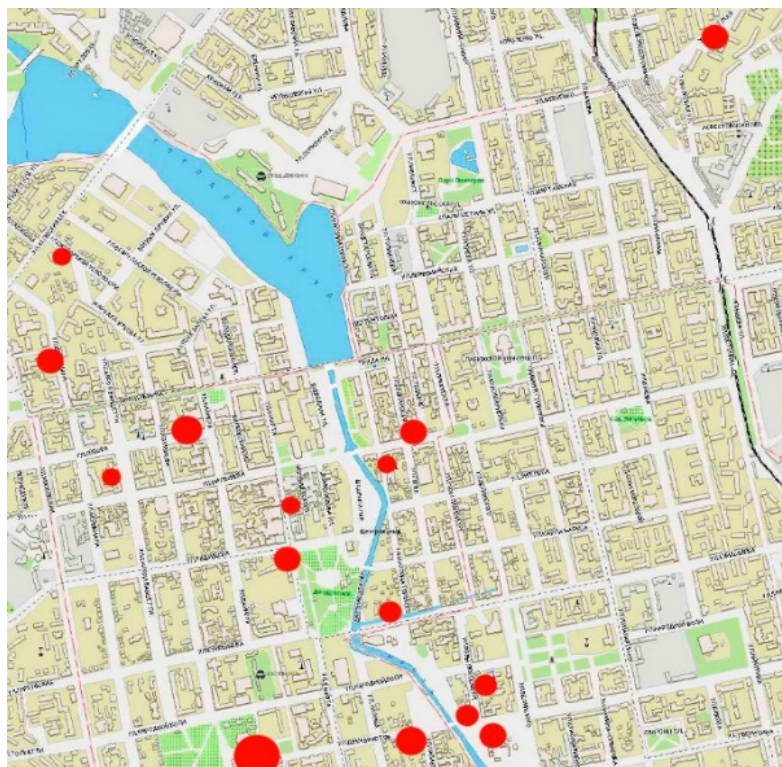


Рис. 1. Карта г. Екатеринбурга с отмеченными памятниками архитектуры, требующими реставрации

Не менее ярким примером такой ужасной потери является недавний снос старинной церкви в г. Екатеринбурге. Успенская церковь Ново-Тихвинского женского монастыря, построенная в 1778–1782 гг., была снесена в апреле 2017 года (см. рис. 3). По словам викария Екатеринбургской епархии, владыки Евгения, из-за длительного использования для хозяйственных нужд и отсутствия реставрации здание оказалось в аварийном состоянии, поэтому его пришлось снести [4]. Хотя на данный момент проект реставрации здания находится на стадии реализации, Успенскую церковь можно считать для нашего города потерянной, а строящееся сооружение по сути является лишь макетом в натуральную величину.

Исходя из того факта, что некоторые из ценных памятников архитектуры были навсегда утрачены, было в данном исследовании было актуализировано несколько различных вариантов решения данной проблемы. Целесообразным является также применение современных технологий, которые помогут не только сохранить историко-архитектурное наследие, но и привлечь большее внимание людей к важным составляющим истории города.





Рис. 2. Одно из сооружений усадьбы Я. И. Панфилова по состоянию на 2017 г. Изображение взято с сайта <https://ura.news>

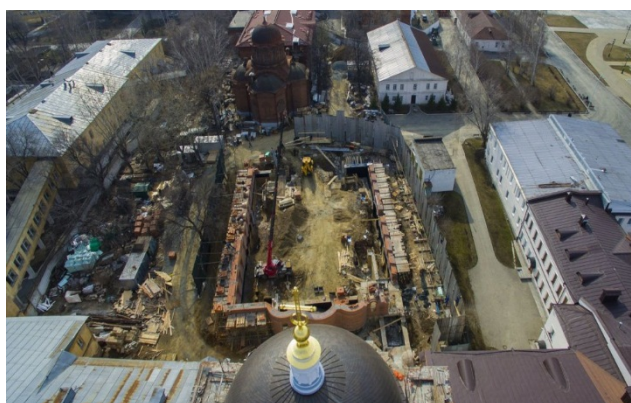


Рис. 3. Фото с места реставрации Успенской церкви. Изображение взято с сайта <http://ekburg.tv>

Данный анализ позволил выявить четыре основные пути решения данной проблемы.

1. Выделение администрацией города участка земли, на который путем транспортировки будут перемещены, а затем размещены объекты историко-архитектурного наследия, нуждающиеся в реставрации и реконструкции (район исторической застройки). Такой искусственно созданный район воспринимался бы как музей под открытым небом. На его территории могли бы проходить выставки и фестивали самой разной направленности.

2. Создание специальных плоских панелей на местах утраченных памятников архитектуры, на которые с помощью специального оборудования проецируется фасад утраченного сооружения, а также его информационная справка. Современный уровень развития информационных технологий позволяет реализовывать такие идеи.

3. Тщательная реставрация объектов историко-архитектурного наследия, нуждающихся в этом. Средства на реставрацию могли бы быть найдены путем сотрудничества с инвесторами (выгодные условия аренды внутренних помещений сооружения, и др.)

4. Размещение рядом с исторической застройкой интерактивных панелей, обеспечивающих доступ к справке о здании или сооружении (его истории, видеоматериалам и фотографиям – полный рассказ об истории здания).

Каждый из предложенных путей будет более подробно рассмотрен ниже.

### **Выделение администрацией города участка земли**

Выделение администрацией города участка земли, на который путем транспортировки будут перемещены, а затем размещены объекты историко-архитектурного наследия, нуждающиеся в реставрации и реконструкции. (район исторической застройки).

Данная идея уже была однажды реализована в нашей области. На территории села Нижняя Синячиха был создан Нижнесинячихинский музей-заповедник деревянного зодчества и народного искусства имени И. Д. Самойлова (см. рис. 4, 5). Музей создан И. Д. Самойловым в 1978 году. На территории музея (площадью 64 гектара) представлены усадьбы крестьян XVII, XVIII, XIX веков, башня острога, кузница, баня в три бревна, пожарная, ветряная мельница, сторожевая башня, часовни, постоялый двор, а в здании Спасо-Преображенской церкви выставлена коллекция народной росписи по дереву XIX – начала XX века. Сохранившиеся архитектурные объекты осторожно разбирались, перевозились, заново собирались в Нижней Синячихе и реставрировались [3].

Под такой исторический район в г. Екатеринбурге можно занять место бывшего мукомольного завода. Этот участок находится в центральной части города. На момент написания статьи он не является застроенным, и как нельзя лучше подходит для обозначенных целей. Благодаря такому размещению жители и гости города могли бы знакомиться с историко-архитектурным наследием, что в свою очередь развивало бы туризм на Урале.

Кроме обширного участка земли для реализации этого проекта необходимо хорошее финансирование, поэтому район исторической застройки должен функционировать в качестве выставки-ярмарки. Кроме того, в нем могут проводиться различные фестивали, конкурсы, исторические реконструкции, различные фольклорные мероприятия.

### **Размещение специальных панелей на местах утраченных памятников архитектуры**

Размещение специальных панелей на местах утраченных памятников архитектуры, на которые с помощью проектора проецируется фасад утраченного сооружения, а также его информационная справка.



Рис. 4. Нижнесинячихинский музей-заповедник деревянного зодчества и народного искусства имени И. Д. Самойлова. Фото Ибрагимова И. А.



Рис. 5. Нижнесинячихинский музей-заповедник деревянного зодчества и народного искусства имени И. Д. Самойлова. Фото Ибрагимова И. А.

Для реализации данной концепции необходим глубокий анализ существовавшей ранее исторической застройки города, выявление мест, на которых располагались ранее значимые для г. Екатеринбурга объекты, сбор огромного количества информации о данных сооружениях и восстановление их точных фасадов. Этот путь решения проблемы подходит как для мест, где когда-либо стоял значимый, со временем утраченный памятник архитектуры, так и для тех объектов, которые находятся в полуразрушенном состоянии. На панели должно быть предусмотрено проецирование наименования сооружения, его первоначальной функции, интересных фактов и других информационных справок.

### **Тщательная реставрация объектов историко-архитектурного наследия**

Тщательная реставрация объектов историко-архитектурного наследия, нуждающихся в реставрации и реконструкции на основе сотрудничества с инвесторами.

Такой подход уже был применен в рамках проекта «Моя улица» по благоустройству современной истории Москвы. Организатором данного проекта является администрация города. Для предпринимателей, решивших спонсировать реставрацию какого-либо сооружения действуют очень выгодные условия аренды: срок 49 лет, а также «1 рубль за 1 кв. м.» [4]. Этот принцип позволяет заинтересовать потенциальных инвесторов и привлечь денежные потоки в сферу реконструкции и реставрации исторического архитектурного наследия. Данный подход следует перенимать и использовать в Свердловской области.

### **Размещение рядом с исторической застройкой интерактивных панелей**

Размещение рядом с исторической застройкой интерактивных панелей, обеспечивающих доступ к справке о сооружении (его истории, видеоматериалам и фотографиям).

Во многих современных музеях и других подобных учреждениях можно встретить панели, с помощью которых любой человек может без проблем и каких-либо сложностей узнать об интересующем его объекте или экспонате. Данный подход может быть использован в решении настоящей проблемы (см. рис. 6, 7).

Для повышения культурной просвещенности горожан можно использовать сенсорные панели, которые обеспечат быстрый, качественный доступ к полной информации о данном сооружении.

Интерактивные панели, проецирование уже разрушенных фасадов на месте их постройки – это «возведение» своего рода «микрорайона» из памятников архитектуры. На интерактивных панелях или проекциях будут демонстрироваться не только разрушенные памятники архитектуры в их изначальном виде, но и информация о том, когда и кем был



воздвигнут тот или иной объект, какие вариации памятника были при застройке, история объекта, значимые события, связанные с этим сооружением.



Рис. 6. Интерактивный стол в центральном корпусе музея-усадьбы Г. Р. Державина г. Санкт-Петербург. Изображение взято с сайта <http://www.av-gorod.ru>

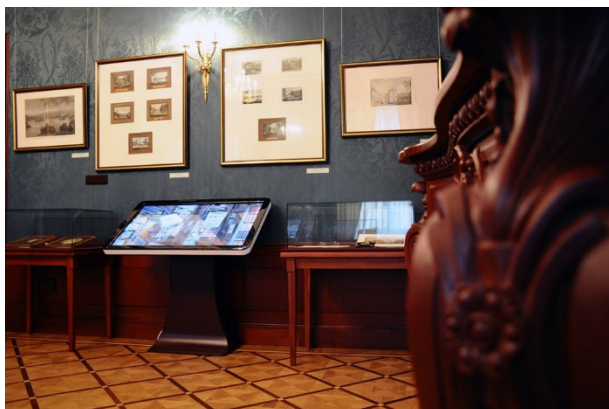


Рис. 7. Интерактивные панели в музее «ОДК-СТАР» г. Пермь. Изображение взято с сайта <http://kiosksoft.ru>

Подводя итог вышесказанному, нужно еще раз отметить актуальность и важность заявленной проблемы, ее первостепенную значимость для жизни города. Актуализированные в данном исследовании подходы к сохранению историко-архитектурного наследия могут быть использованы в любом другом городе. С помощью этих способов жители и гости города обогатятся знаниями об истории края.

Задача данной статьи в первую очередь сводится к тому, чтобы поднять проблему и рассмотреть несколько способов сохранения памятников историко-культурного наследия г. Екатеринбурга. По какому пути пойдет дальнейшее развитие, если пойдет, неизвестно. Однако хочется надеяться на то, что этой теме в будущем будет придано новое звучание и последуют реальные действия.

**Библиографический список**

1. Аппарат Мэра и правительства Москвы. Достижения города. [Электронный ресурс] URL: <https://www.mos.ru/city/progress/data/info/> (дата обращения: 04.05.2017).
2. Распопов В. Нижняя Синячиха и музей-заповедник деревянного зодчества / В. Распопов [Электронный ресурс] URL: <https://uraloved.ru/goroda-i-sela/sverdlovskaya-obl/nizhnaya-sinyachiha> (дата обращения: 04.05.2017).
3. Российское информационное агентство. МУГИСО показало общественности старинную усадьбу [Электронный ресурс] URL: <https://ura.news/news/1052133710> (дата обращения: 04.05.2017).
4. Яконо И. Это реставрация: Екатеринбургская епархия об Успенской церкви / И. Яконо [Электронный ресурс] URL: [http://ekburg.tv/novosti/gorod/2017-04-21/ehto\\_restavracija\\_ekaterinburgskaja\\_eparkhija\\_ob\\_uspenskoj\\_cerkvi](http://ekburg.tv/novosti/gorod/2017-04-21/ehto_restavracija_ekaterinburgskaja_eparkhija_ob_uspenskoj_cerkvi) (дата обращения: 04.05.2017).

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **РЕАЛЬНАЯ ВИРТУАЛЬНОСТЬ ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПРОСТРАНСТВ**

*Леонтьева Е. И.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, leelil@bk.ru

*Игнатьева В. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, ignatyeva\_vo@list.ru

*Ибрагимов И. А.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, ibria@yandex.ru

**Аннотация.** С каждым годом информационные технологии все глубже проникают в нашу повседневную жизнь. Многие настороженно относятся к подобному явлению и твердят о вреде компьютеров, гаджетов, компьютерных и flash-игр. Однако, по мнению автора, проблему необходимо рассматривать с нескольких сторон. Сама по себе борьба с компьютерными играми в пользу подвижных игр не приведет к благоприятному результату. Необходим комплексный подход. Если компьютерные игры существуют, значит, это кому-то нужно? Другими словами, в них есть то, что отсутствует в подвижных. Задачей автора стало создание такого проекта детского игрового пространства, который представлял бы собой «усовершенствованную версию» компьютерной игры, избавленную от негативных характеристик: ухода в виртуальную реальность и проведения длительного времени у экрана компьютера или гаджета. Так был получен продукт, который вобрал в себя все лучшее от двух разных направлений и послужил основой для создания нового термина – «реальная виртуальность».

**Ключевые слова:** компьютерные игры; подвижные игры; здоровый образ жизни; детское развитие; проект «The Environment».

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **REAL VIRTUALITY OF CITY GAME SPACES**

*Leontyeva E. I.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia, leelil@bk.ru

*Ignatyeva V. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ignatyeva\_vo@list.ru

*Ibragimov I. A.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ibria@yandex.ru

**Abstract.** Every year the technology is becoming more and more important for people. Many are worry of this phenomena. They talk about the danger of computers, computer games and flash-games. However, according to the author, the problem have to be viewed from several sides. The struggle with computer games in favor of outdoor games won't lead to anything good for either one of the sides. A comprehensive approach is necessary. If the computer games are popular, it means that they are attractive for people. That means that they have some particular that is necessary for people. The solution of the problem is a project, which would be an improved version of the computer game. This version wouldn't have negative features: leaving the reality and the long pastime near the computer's or gadget's screen. As a result, we get a project which have the best of the computer games and of the outdoor games. This project collected all the best of two different directions of the game and created its own direction - the actual virtual.

**Key words:** computer games; outdoor games; healthy life; child development; the Project "The Environment".

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

С каждым годом компьютерные игры становятся все популярнее. Некоторые дети вчера еще не умели ходить, а сегодня уже осваивают игровые приставки. Все чаще компьютерные игры заменяют подвижные, дети предпочитают оставаться дома, а не проводить свободное время с друзьями на свежем воздухе, ведут малоподвижный образ жизни, из-за чего у них развивается гиподинамия [11]. Кроме того, из-за частого времяпрепровождения у мониторов «заметные нарушения происходят в зрительном аппарате: снижается аккомодация, конвергенция, световая чувствительность» и появляются проблемы с позвоночником [6, С. 16].

Изучению проблем детского развития посвящены труды таких исследователей, как И.А. Сикорский (утверждал, что игра влияет на умственное развитие и умственное воспитание), П.П. Блонский (считал, что центральным и характерным для игровой деятельности является создание «мнимой» ситуации, заключающейся в принятии ребенком на себя роли взрослого, и осуществление ее в создаваемой самим ребенком игровой обстановки) и Л.С. Выготский (по его представлению игра возникает, когда появляются нереализуемые немедленно тенденции и вместе с тем сохраняется характерная для раннего детства тенденция к немедленной реализации желаний) [10].

Вышеизложенные соображения привели автора статьи к осознанию необходимости создать проект такой игровой площадки, посредством которой стало бы возможно отвлечь детей от компьютера и увеличить популярность подвижных игр и активного образа жизни. Решением стало не открытая борьба с компьютерными играми, а определенное их усовершенствование, модернизация.

Что привлекает людей в компьютерных играх? В результате изучения Интернет и литературных источников автором было выделено четыре аспекта. Решающим мотиватором становится сильное желание пережить эмоции [3–5, 7–9]. Люди хотят избавиться от скуки, от эмоционального голода. А компьютерная игра позволяет отвлечься, «занять свой мозг», испытать чувство радости от победы и грусти от поражения. Вторым аспектом является возможность игрока реализовать наивысшие уровни своих потребностей (согласно пирамиде А. Маслоу): потребность в любви и принадлежности (играя в компьютерные игры, человек находит себе новых друзей по интересам), потребность в уважении и признании (в виртуальной реальности человек может быть кем угодно, каждый может почувствовать себя Наполеоном) и потребность в самоактуализации (игровая деятельность раскрывает способности ребенка, поскольку в ней реально существует возможность выбора) [2]. В игре ребенок действует самостоятельно, а не с помощью взрослого; для запуска процесса самоактуализации необходимо, «чтобы ребенок в совершенстве владел игровым процессом и умел устанавливать дружеские отношения с другими детьми» [2, С. 126]. Третьим аспектом

является тот факт, что в игре не существует поражений: при неудачной попытке всегда можно вернуться назад, пройти уровень заново, что недоступно в реальной жизни. И последнее: благодаря компьютерным играм реальные проблемы теряют значимость и остроту.

Последние два фактора отрицательно влияют на человека и его взаимосвязь с обществом (компьютерные игры «снижают общительность, контактность»: человек «живет в придуманном им мире, уподобляется роботу, привыкает действовать в рамках, заданных машиной..., это постепенно формирует эмоциональное оупение»), то есть ведет к разрушению личности [6, С. 16]. В этой связи в качестве основы для создания проекта детской площадки были приняты первые два фактора из указанных выше.

Проанализировав игры популярные среди молодежи («Subway surfers», «Fruit ninja», «World of tanks», «Dota» и т.д.) и ознакомившись с работой И.В. Бурлакова «Homo gamer», автором был сделан вывод о том, что особенно популярными играми являются те, где существует движение по лабиринту: игроку необходимо двигаться по запутанным коридорам, преодолевать препятствия, переходить с уровня на уровень [1]. В подобных компьютерных и flash-играх необходимо развивать свои навыки: тактику, ловкость, скорость движений и повышать личную «виртуальную» силу. Поэтому проектом игровой площадки предполагается развивать все эти навыки за счет прохождения препятствий, но делать это уже в реальной жизни.

Проект «The Environment» представляет собой три трассы, оформленные в трех разных тематиках: подводный мир, джунгли и мегаполис (рис. 1–3). Трассы – это полосы препятствий, которые находятся на высоте от 0 до 6,5 метров. Участники должны преодолеть их, используя свои физические данные и умения. Все три трассы имеют примерно одинаковый уровень сложности. В игре учитывается скорость, с которой игроки преодолевают свои препятствия. Если участвует больше одного игрока, то побеждает тот, который первым достигает финиша. Если в игре находится только один участник, то он запускает таймер и преодолевает дистанцию. Таймер устроен в уровне пола конструкции игровой площадки в начале и в конце пути и запускается (отключается) автоматически, стоит только участнику преодолеть отметку «старт» или «финиш» соответственно. Благодаря таймеру каждый игрок может сравнить свои прошлые результаты с нынешними и оценить свой прогресс. Время, потребовавшееся на преодоление всех препятствий, высвечивается на экране, расположенном на финише каждой трассы. Безопасность обеспечивается благодаря наличию современной автоматической страховки (предохраняет участников от падения), специального покрытия (поверхность площадки выполнена из резиновой крошки, где упругость резиновой поверхности уменьшает нагрузку на позвоночник при ходьбе). Кроме

того, трассы участников не пересекаются, что помимо физической безопасности обеспечивает честную игру и не позволяет одному участнику повлиять на результат другого.



Рис. 1. Детская игровая площадка «The Environment» (макет).  
Автор: Леонтьева Е. И., студ. 1-го курса факультета архитектуры УрГАХУ.  
Руководители: доц. Ибрагимов И. А., ст. преп. Игнатъева В. О



Рис. 2. Детская игровая площадка «The Environment» (макет)





Рис. 3. Детская игровая площадка «The Environment» (макет)

Игра и площадка «The Environment» предназначена для детей подросткового возраста и молодежи. Одновременно в игре может участвовать не более трех человек. В том случае, если желающих поиграть больше трех, то три человека начинают игру, а остальные, ожидая своей очереди на трибуне, следят за тем, как игроки проходят трассы.

Планируется расположить площадки «The Environment» рядом с учебными заведениями. В этом случае площадка станет местом отдыха школьников после учебного дня. Благоприятным фактором станет непосредственная территориальная близость к «местам встреч», к тем точкам в городе, где принято встречаться. Такое размещение позволит людям, пришедшим на встречу первыми, не поддаваться скуке, а развлечь себя, ожидая остальных.

Популярность площадке «The Environment» помогут приобрести и тренды, существующие на сегодняшний день. Во-первых, в последние годы стало модно вести здоровый образ жизни, заниматься спортом и ходить в тренажерные залы. Площадка «The Environment» позволяет развивать физические данные, провести затянувшееся время ожидания интересно и с пользой. Во-вторых, человек всегда хочет делиться своими успехами с другими людьми. Гордостью участников станут успехи в прохождении виртуальной игры в реальности, которыми можно будет поделиться в социальных сетях («ВКонтакте», «Instagram»).

Таким образом, данный проект представляет собой виртуальную игру, воплощенную в реальность. Она сочетает достоинства, как компьютерной, так и подвижной игры. На такой площадке игрок может скоротать время, получить заряд эмоций, почувствовать себя кем угодно: и Тарзаном, прыгающим по джунглям, и Томом Крузом, ловко передвигающимся по крышам зданий, и настоящим морским волком, как Жак-Ив Кусто, которому не страшны

волны могучего океана. Площадка позволит найти новых друзей, развить навыки и умения, даст возможность получить признание и уважение окружающих. Такая игра не навредит здоровью участников, а наоборот, улучшит его. Во время прохождения игры участник получит уникальную возможность натренировать свое тело и насладиться ментальной тишиной, что благотворно повлияет на его психологическое состояние. Площадка может стать не только местом игры, но и местом зрелищ благодаря трибуне, расположенной на территории площадки. Площадка «The Environment», реальная виртуальность – это новое слово в сфере компьютерных и подвижных игр.

### Библиографический список

1. Бурлаков, И.В. Номо Gamer: Психология компьютерных игр / И.В. Бурлаков. – М. : Класс, 2000. - 86 с.
2. Веракса, Н.Е. Зарубежные психологи о развитии ребенка-дошкольника: пособие для педагогов дошкольных учреждений / Н.Е. Веракса, А.Н. Веракса. – М. : МОЗАИКА-СИНТЕЗ, 2006. - 144 с.
3. Горская, И.Ю. Вредные привычки и их профилактика / И.Ю. Горская, Н.В. Губарева. - Омск. : Издательство СибГУФК, 2010. - 212 с.
4. Данилин, А.Г. Анализ популярных теорий игровой зависимости [Электронный ресурс] // Хабрахабр. – URL : <https://habrahabr.ru/post/210740/> (дата обращения 29.04.2017).
5. Кулинич, Г.Г. Вредные привычки: профилактика зависимостей: 1–4 классы / Г.Г. Кулинич. – М. : Вако, 2010. - 224 с.
6. Морозов, М.А. Здоровый образ жизни, профилактика заболеваний / М.А. Морозов. - СПб. : СпецЛит, 2012. - 168 с.
7. Плешаков, В.А. Киберсоциализация человека : от Номо Sapiens'a до Номо Cyberus'a: монография / В.А. Плешаков. – М. : Прометей, 2012. - 212 с.
8. Попова, Н.М. Компьютерные игры: взгляд психоаналитика [Электронный ресурс] // Психоаналитики в Санкт-Петербурге. – URL : <http://psychoanalitiki.ru/computers-games.html> (дата обращения 29.04.2017).
9. Причины и симптомы зависимости от компьютерных игр возрасте [Электронный ресурс] // PSI-DOCTOR.RU. – URL : <http://psi-doctor.ru/zavisimosti/zavisimost-ot-kompyuternyx-igr.html> (дата обращения 29.04.2017).
10. Психолого-педагогические теории игры и игра в юношеском возрасте [Электронный ресурс] // Edulnfluence. Новые веяния в педагогике. – URL : <http://www.eduinfluence.ru/inehs-199-1.html> (дата обращения 29.04.2017).
11. Солодков, А.С. Физиология человека : общая, спортивная, возрастная: учебник / А.С. Солодков, Е.Б. Сологуб. – М. : Советский спорт, 2012. - 624 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**КОНЦЕПЦИЯ ИСТОРИЧЕСКОГО  
ДУАЛИЗМА «ЗЕМЛЯ И МОРЕ» В  
АРХИТЕКТУРНОМ ПРЕДЛОЖЕНИИ  
ДЕТСКОГО ИГРОВОГО ПРОСТРАНСТВА**

*Патрушев Д. П.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, danila.patrushev@gmail.com

*Золотов Е. К.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия

*Игнатьева В. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, ignatyeva\_vo@list.ru

**Аннотация.** Основой архитектурной композиции может служить мировоззрение или чувственное восприятие автора - то, как он желал бы представить его наблюдателю. Предполагается, что понимание психологии восприятия позволяет передавать смысл определенной философской концепции средствами композиции и пластики. В статье затронуты основные характеристики детской психологии восприятия, а также общие положения одной геополитической или философской теории, представлена попытка передачи содержания в формах детского игрового пространства под названием «Земля и Море».

**Ключевые слова:** объемно-пространственная композиция, восприятие, психология развития, геополитика, воспитание, форма, содержание, детское игровое пространство.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**THE CONCEPT OF HISTORICAL DUALISM  
«THE EARTH AND THE SEA» IN THE  
ARCHITECTURAL PROJECT OF CHILDREN'S  
PLAYGROUND**

*Patrushev D. P.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
danila.patrushev@gmail.com

*Zolotov E. K.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia

*Ignatyeva V. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ignatyeva\_vo@list.ru

**Abstract.** The base of an architecture composition might be a world view or authors perception, the way how he wants to introduce it. It's supposed that comprehension of perceptual psychology allows to infer sense definite psychological conception by using in composition and forms. The main characteristics of child's perception psychology and common statements of the only one geopolitical and psychological theory were touched in this article. Also there was also presented an attempt of introducing the theory in the forms of children's playing spaces named "Land and Ocean".

**Key words:** volume-spatial composition, perception, developmental psychology, geopolitics, education, form, content, children's playground.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

При создании проекта игровой площадки для детей 10–12 лет следует обратиться к общим психологическим характеристикам этого возраста. Ему свойственны такие особенности как: стремление к общению со сверстниками; развитие рефлексии; бурное и плодотворное развитие познавательных процессов; формирование абстрактного и теоретического мышления; становление избирательности, целенаправленности внимания и логической памяти [7, С. 86]. В этот период ребенок уже теряет интерес к играм физическим и, при условии гармоничного развития, проявляет иные предпочтения. К этому возрасту ребенок знакомится с социумом, и его начинают интересовать социальные процессы: взаимодействие между людьми и даже взаимоотношения народов и государств, влияние культуры – поскольку эти темы начинают проходить в школе.

Исходя из представления о том, что дети начинают интересоваться, помимо внешних физических, ещё и социальными, историческими явлениями, можно выстраивать концепцию детского игрового пространства на основе «сложных тем», таких как история, политика, философия. Но как же ребенок сможет воспринять подобную информацию, поданную в невербальном виде?

В процессе игры ребенок испытывает переживания, которые могут быть недоступны его сознанию в ином случае, а именно, при восприятии некоего абстрактного рассказа, без подходящих примеров – иллюстраций. Известно, что дети вполне способны воспринимать очень сложную информацию, для чего необходимы и достаточны два условия: интерес у ребенка и контакт с взрослым, понимающим суть данного явления, способным дать удовлетворительный ответ. Многие родители просто не умеют ответить на вопросы детей, а потому говорят: «Позднее ты узнаешь об этом в школе, а сейчас не поймешь». Но ведь к тому времени интерес будет уже потерян, а условие для познания утрачено.

«Земля и Море» – это концепция исторического мира, построенного на дуализме двух фронтов: «цивилизации Суши» (например, Россия, Римская империя, Великая орда) и «цивилизации Моря» (Англия XVI-XX вв., США, Голландия в период колониального расцвета и др.). Эту основополагающую дихотомию геополитики ввел Х. Маккиндер, и она нашла отклик у других ученых (К. Шмитт, К. Хаусхофер, Н. Спикмен и др.) [4]. В этом контексте мы можем наблюдать процессы различных отношений, начиная от общемировых, заканчивая межличностными (одни люди отождествляют себя со стихией Суши, другие относят себя к стихии Воды). В мире всегда шла и идет борьба между двумя стихиями. Помимо этой бинарной полярности необходимо упомянуть о важном для геополитики и истории понятии «большое пространство» К. Хаусхофера, сходном по своей сути с «вмещающим ландшафтом» Л.Н. Гумилева, – это пространство, влияющее на социум, и также социум, влияющий на пространство [9; 3]. В этом проявляется себя геополитика - «как

нечто большее, чем «географический детерминизм» и социальная матрица, она не говорит что первично: человеческий мозг или пространство при формировании смысла; геополитика изучает их как нечто целостное» [6, С. 25].

Разумно было бы предположить, что мир совмещает в себе две альтернативы: непосредственное различие и противодействие между стихиями. Именно этот аспект концепции и представляет основной интерес в контексте формирования концепции детского игрового пространства. Чтобы понять цель воплощения этой идеи в формах и образах, необходимо исследовать основу указанного противодействия стихий и связи с человеком.

Человек – существо наземное, сухопутное, что определяет его физиологию, но также формирует его мировоззрение. Наша планета даже называется Землей. Так почему же тогда возникает этот дуализм? Карл Шмитт в своем труде «Номос Земли» затрагивает тему становления правовых отношений. Одним из истоков становления права в мифологии, в культе природы он видит «вмещающий ландшафт» [5]. При взаимодействии с землей человек воспитывался, опираясь на характер этого ландшафта: «земля представляет собой надежное основание, несущее на себе ограды и изгороди ... в них наглядно прослеживаются порядок и локализация» [5, С. 24]. Кроме того, Земля по справедливости воздает человеку и тем самым проецирует этот закон справедливости на человечество. Обработывая землю должным образом, люди получали обильный урожай и имели обратный результат при собственной лени или жадности. Образ Воды противоположен образу Суши: «Море не знает такого очевидного единства пространства и права, порядка и локализации» [5, С. 25]. Море имеет совершенно свободный характер. Другими словами, Вода не дает гарантий на получение награды за старание: ты можешь весь день простоять с копьём и не поймать рыбы, а можешь за несколько часов пополнить недельный запас. Она непостоянна. Но что дает эта стихия, чего не может дать крепкая и сильная Земля? Вода – прибежище азартных людей. Мораль, которая закладывается в человеческое сознание стихией Воды, – мораль обособленности, стремления к единоличному владению и соперничеству.

Земля же всегда воздает по заслугам согласно правилу: «Как работал – так и заработал». И любая интеллектуальная деятельность только улучшает работу, оптимизирует, делает ее более результативной – это и поощряет стихия Суши. Здесь все человеческое существо должно стремиться к справедливости – таков закон материи, и он есть истина. Когда человек не является паразитом, не ставит себя выше всех прочих, его совесть прозрачна словно кристалл, а сознание подобно плодородной почве, где произрастет обильный урожай. Здесь правят идеалы верности – идеалы жертвенности, ради которых следует жить (за народ, за семью, за Родину).

Подобные разногласия имели место на протяжении всей истории человечества, но самым ярким примером столкновений идеологий является вражда между Карфагеном и Римской республикой. Крылатое выражение: «Карфаген должен быть разрушен», – призыв к решению насущных проблем и символ ненависти между государствами [8]. Римская культура – героическая, мужественная, ее ценности – в преданности и подчинении, в иерархическом строе. Это прямолинейный стиль силовой цивилизации. Карфаген – противоположность Риму, один из ярких представителей ранней истории как государство «морского» типа, с наемной армией, с ценностями характера торгового и финансового, с элементами либеральной демократии. Римский народ сам воспринимался как армия, чего нельзя сказать о Карфагене. По меркам современной морали оба народа были варварскими, практиковавшими жертвоприношения, с бесчеловечным отношением к рабам. Но Рим – это насилие открытое, а Карфаген – насилие прикрытое (свои торговые сети, интриги и заговоры). Как неизбежность – культурно-географический конфликт, войны между этими антагонистическими культурами: Рим – теллуократия, Карфаген – талассократия.

Тема противостояния двух стихий находит отражение в архитектурном предложении детского игрового пространства «Земля и Море» (рис. 1–5). Она построена на основе двухполюсной системы с двумя доминантами и элементом-связкой между ними. Такая схема с явно выраженной двойственностью построения ясна для восприятия и должна быть доступна для детского сознания. Рассмотрим, как в данном случае представлено «выражаемое и то, что его выражает» [2].



Рис. 1. Детское игровое пространство «Земля и Море» (макет).

Автор: Патрушев Д. П., студ. 1-го курса факультета архитектуры УрГАХУ.

Руководители: проф. Золотов Е. К., ст. преп. Игнатьева В. О.

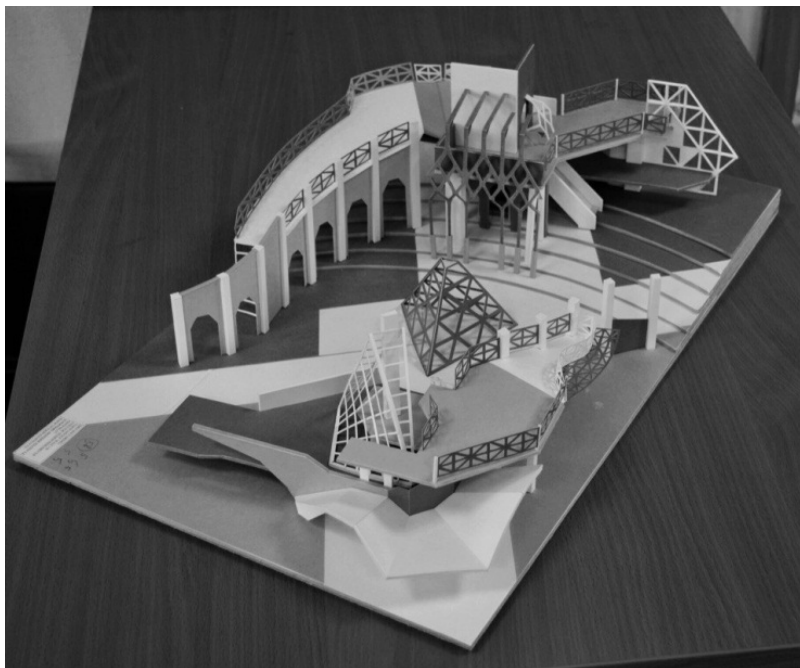


Рис. 2. Детское игровое пространство «Земля и Море» (макет)

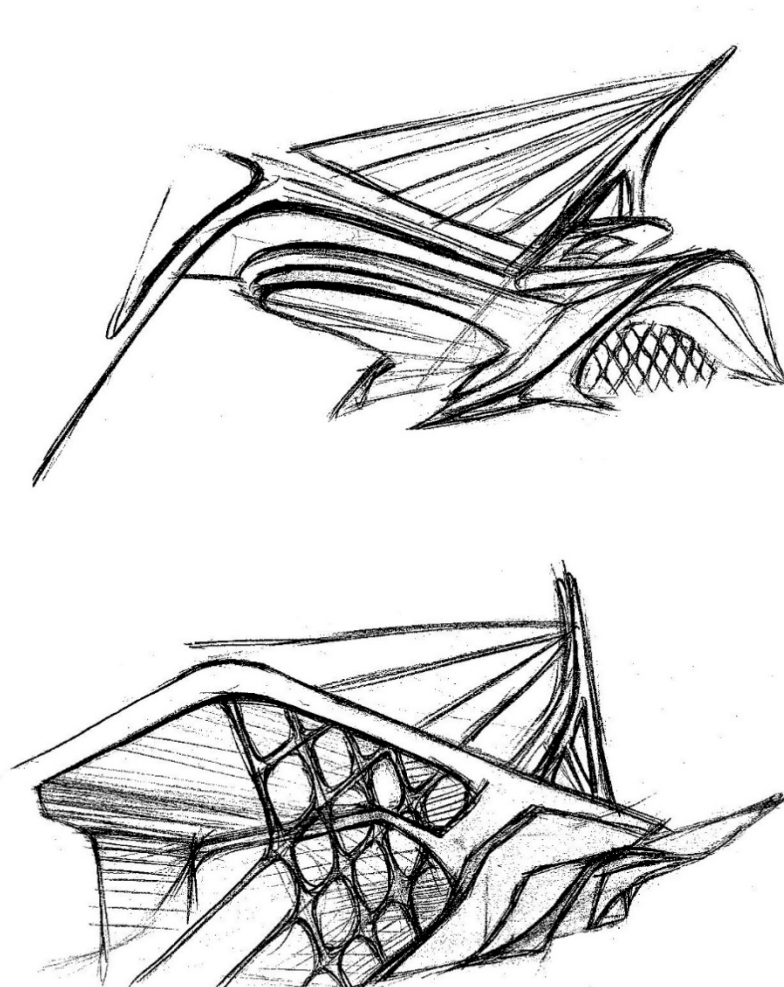


Рис. 3. Детское игровое пространство: зона «Море» (эскиз). Студ. Патрушев Д. П.



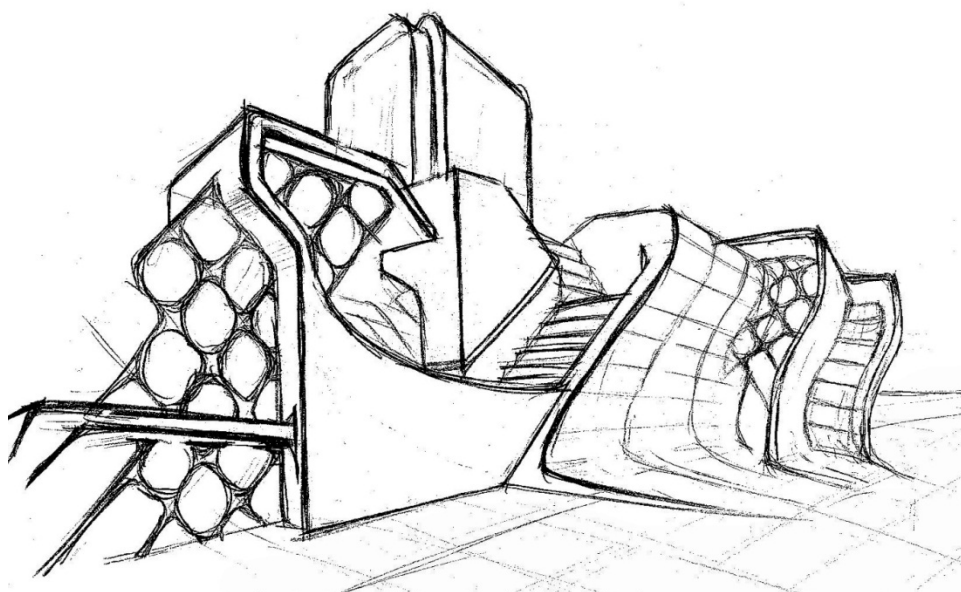


Рис. 4. Детское игровое пространство: зона «Земля» (эскиз). Студ. Патрушев Д. П.

Известно, что композиция плана архитектурного произведения может быть двух типов – формальной и неформальной [4]. Формальная композиция отдает предпочтение форме перед содержанием, а неформальная обуславливается смысловой, философской нагрузкой. Неформальная композиция продиктована сценарием восприятия, следовательно, она удовлетворяет задачам настоящей работы.

Приняв за основу принцип полярности, игровые зоны-антагонисты необходимо наделить определенной образностью. Посредством применения метода ассоциаций выбираем архитектурный образ Замка для пространства Земли и культурно-исторический образ Корабля для пространства Моря. Замок, укрепленное жилище феодала в средневековой Европе, как символ несет значение стабильности, крепости, защищенности, но также замкнутости. Корабль – символ свободы, независимости и, с другой стороны, безывестности, отсутствия равновесия. Этими характеристиками наделяются соответствующие архитектурные формы. Характер Замка, Суши, задается посредством использования прямоугольной сетки, дабы подчеркнуть уравновешенность и спокойность формы, заявить о господстве прямой логики (рис. 4). Образ Моря передается, в том числе, через прямые ассоциации с кораблем, он отличается импульсивным характером, где отдельные формы претендуют на независимость от прочих (рис. 3).

В распределительной зоне задана динамика посредством резкого контраста ритмов: вытянутая в длину, однообразно расчлененная аркада противостоит богато декорированному фасаду. Поверх аркады идут подъёмы: с одной стороны, они придают единство композиции, с другой, вводят элемент соперничества. Характер аркады для обоих полюсов проистекает из

понимания черт государственности Рима и Карфагена. Часть аркады, которая относится к Земле, отличается размеренностью, метричностью, с отсылкой к характеру римского народа, единого как армия. Аркада, принадлежащая Морю, имеет бреши, пустоты. Для организации упорядоченного движения устроен кольцевой обход, которым определено местоположение связующего элемента (рис. 1, 2).

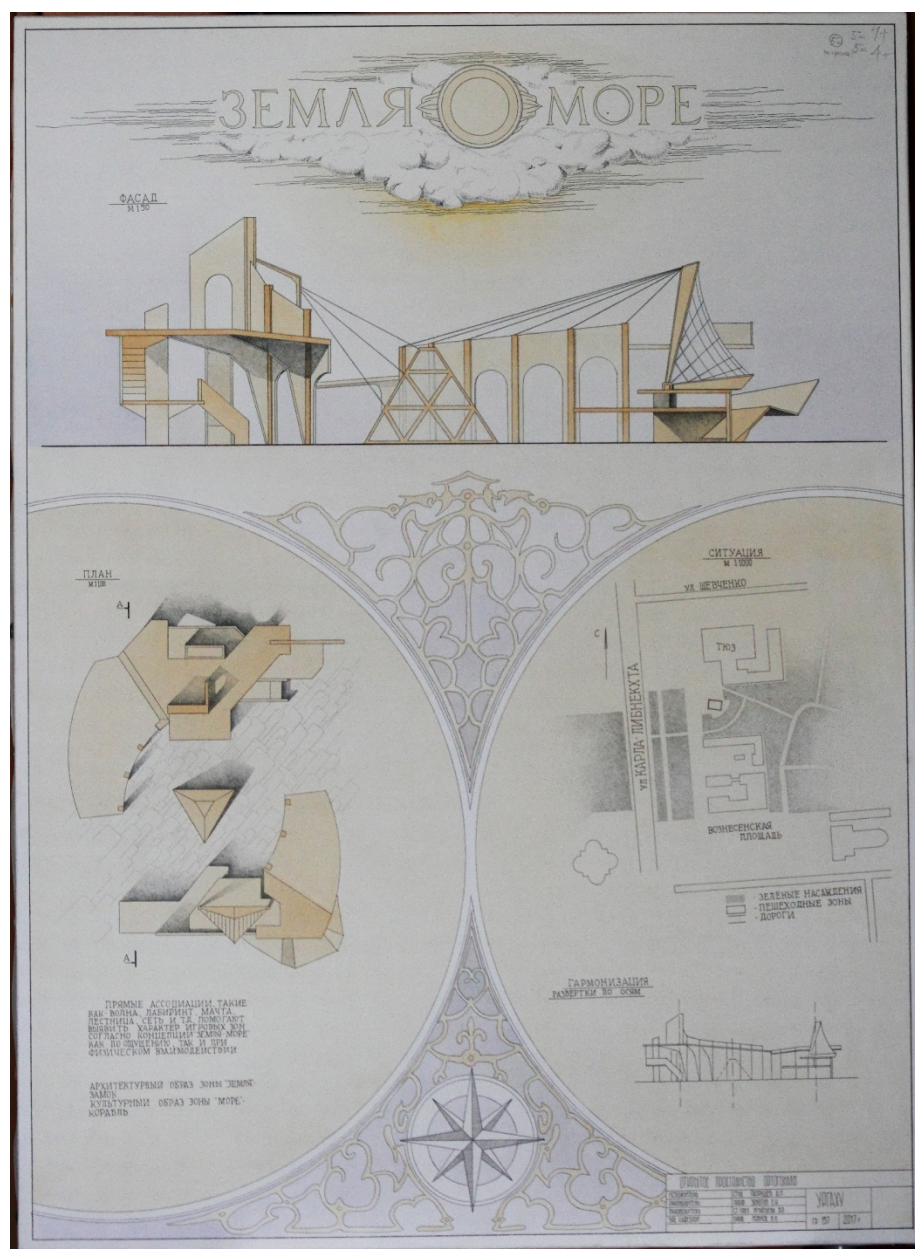


Рис. 5. Детское игровое пространство «Земля и Море» (планшет).

Студ. Патрушев Д. П. Руководители: проф. Золотов Е. К., ст.преп. Игнатьева В. О.

Применение концепции «Земля и Море» диктует резкий контраст между двумя зонами игрового пространства. В области Замка, Суши, игровые элементы должны говорить о статичности в ощущениях. В зоне Корабля, Моря, прочитывается признак непостоянства: такое впечатление задано взаимодействием между формами волны, мачты, лабиринта, сети и



лестницы. Использование ряда этих отличительных признаков в разных зонах игрового пространства призвано обеспечить осознание бинарной природы выбранной мировоззренческой основы.

Концептуальная и образная часть предлагаемого проекта детского игрового пространства обусловлена представлением о детской психике, сознании и его возможностях при восприятии какого-либо учения. Реализация данного проекта могла бы служить воспитательной и образовательной функции – своеобразного «урока» для ребенка, без нотаций и напряжения, основанного на воздействии на интуитивное восприятие. То многообразие образов, которое может возникнуть у детей в процессе игры на данной площадке, может послужить хорошей основой для их настоящего и будущего восприятия мира.

### **Библиографический список**

1. Витрувий, М. Десять книг об архитектуре. / Витрувий М. – М. : Едиториал УРСС, 2003. - 320 с.
2. Гумилев, Л.Н. От Руси до России / Гумилев Л.Н. - М. : Айрис-Пресс, 2008. - 508 с.
3. Гумилев, Л.Н. Этногенез и биосфера Земли / Гумилев Л.Н. - М. : АСТ; Астрель, 2005. - 399 с.
4. Дивакова, М.Н. Образовательные проекты на основе технологий художественного творчества [Электронный ресурс] / М.Н. Дивакова, Т.А. Ушакова, Т.А. Черемхина // Архитектон: известия вузов. - 2009. - №3(27). – URL : [http://archvuz.ru/2009\\_3/8](http://archvuz.ru/2009_3/8) (дата обращения 03.05.2017).
5. Дугин, А.Г. Геополитика России / Дугин А.Г. - М. : Академический проект, 2014. – 521 с.
6. Ермолаева, М.В. Психология развития: методическое пособие для студентов заочной и дистанционной форм обучения / Ермолаева М.В. - М. : Московский психолого-социальный институт; Воронеж: НПО «МОДЭК», 2003. - 201 с.
7. Маккиндер, Х. Географическая ось истории / Маккиндер Х. // Полис. Политические исследования. - 2015. – С. 1-9.
8. Плутарх. Сравнительные жизнеописания / Плутарх. - М. : Наука, 1994. – 34 с.
9. Хаусхофер, К. О геополитике / Хаусхофер К. - М. : Мысль, 2001. – 322 с.
10. Шмитт, К. Номос Земли / Шмитт, К. - СПб. : Владимир Даль, 2005. – 672 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ОРГАНИЗАЦИЯ ДЕТСКОЙ ПЛОЩАДКИ НА ОСНОВЕ СЮЖЕТНОЙ ИГРЫ**

*Рычкова Г. С.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, rychkowagalina@gmail.com

*Игнатьева В. О.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, ignatyeva\_vo@list.ru

*Ибрагимов И. А.*

Уральский государственный архитектурно-художественный университет, г. Екатеринбург, Россия, ibria@yandex.ru

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию организации целостного детского игрового пространства с учетом потребностей играющих детей. Поднята проблема отсутствия сценографии детских игровых пространств - размещения объектов и оборудования согласно определенному сюжету. В качестве способа решения этой задачи предлагается подчинение элементов архитектурной среды авторской сюжетной игре, которая должна соответствовать требованиям умственного и физического развития детей. На основе проведенного исследования разработан эскизный проект детской игровой среды, спроектированной с учётом всех требований к организации детского досуга.

**Ключевые слова:** детская игровая площадка, игра, открытое пространство, архитектурная среда.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **ORGANIZATION OF THE PLAYGROUND ON THE BASIS OF DENSE GAME**

*Rychkova G. S.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
rychkowagalina@gmail.com

*Ignatyeva V. O.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ignatyeva\_vo@list.ru

*Ibragimov I. A.*

Ural state university of architecture and art, Ekaterinburg, Russia,  
ibria@yandex.ru

**Abstract.** This article deals with a study of children's playgrounds, taking into account the needs of children. Modern children's playgrounds have a problem of children's disinterest. Therefore, there is the task of developing of gaming environment, which will be based on a certain plot, which connects all the objects of the playground. One way to solve this problem is to subordinate the elements of the architectural environment to the author's story game that will meet the requirements of the mental and physical development of children. Based on the study, an example of a children's playground is proposed, designed with all the requirements for the organization of children's leisure.

**Key words:** playground, game, open space, architectural environment.

В настоящее время научно-технический прогресс и социально-культурная жизнь общества существенным образом изменили предметно-пространственную среду города. В современной городской жизни необходимым элементом благоустройства жилых территорий является детская игровая площадка. Развитие ребенка во многом зависит от предметно-пространственной среды, окружающей его и разными способами влияющей на различные аспекты взросления: культурного, физического и нравственного. Различные виды культурно-досуговой деятельности выполняют информационную, творческую, развивающую и другие функции, являясь действенным средством в развитии и становлении подрастающей личности. Сейчас в обществе усилилось внимание к развитию творческого и физического потенциала детей средствами досуга, поскольку проблемы продуктивного и интересно организованного свободного времени детей и молодежи становится всё острее. Эти актуальные проблемы являются социальными и психологическими, поскольку необходимость сохранения и формирования физического и психического здоровья школьников во многом определяется совершенствованием культурно-досуговой деятельности, а также средой, в которой происходит взаимодействие играющих детей.

В последнее время специалисты в сфере дизайна и архитектуры уделяют большое внимание потенциальным возможностям ребенка. Появляются статьи и монографии, в которых авторы пытаются с разных сторон осмыслить вопросы влияния предметно-пространственной среды на развитие личности [1; 3; 5]. Предлагаются и обсуждаются различные концепции, которые уходят корнями в психологические, педагогические, социальные проблемы, в проблемы дизайна и архитектуры.

Игровые пространства – это детские игровые площадки, расположенные на открытом воздухе. В игровых пространствах ребенок многому учится: он общается с окружающим миром, развивается его крупная и мелкая моторика, речь, глазомер. Правильно организованная детская площадка формирует у детей мотивацию к самостоятельной физической активности, личностному развитию, овладению важными навыками, развивает их поведенческую культуру. По данным специалистов, изучающих развитие детей, «основными функциями детской развивающей среды являются коммуникативная, преобразующая, ценностно-ориентированная, развивающая» [6, С. 1].

В культурно-творческой практике всё преподносится детям в системе художественных образов. Применяя их, удаётся вовлечь детей в выполнение самых различных задач непринуждённо, в отличие от учебной деятельности, но личность развивается и «образовывается» при этом не меньше. С помощью отлаженной системы культурно-досуговой деятельности детей, происходит более эффективная работа по социализации подрастающего поколения. Поэтому важно создавать условия в процессе

досуговой деятельности для формирования индивидом нравственных ориентаций, интересов, стремлений, развития творческого потенциала и стремления к успеху [4].

Игра (по определению А. Н. Леонтьева) является ведущей деятельностью ребенка, т. е. такой деятельностью, благодаря которой происходят главные изменения в психике ребенка и внутри которой развиваются психические процессы, подготавливающие переход ребенка к новой, высшей ступени его развития [5]. Игра развивается в детские годы и сопровождает человека на протяжении всей его жизни. Поэтому неудивительно, что проблема игры всегда привлекала к себе внимание исследователей, причем, не только педагогов и психологов, но и философов, социологов, биологов, этнографов. В настоящее время общепризнано, что игра является ведущим видом деятельности ребенка дошкольного и школьного возраста. Развитие ребенка во время игры основывается на реализации ряда требований. Требования – это те условия, которые необходимо выполнить ребенку по ходу разыгрывания сценария.

Первым требованием, обращенным со стороны сюжетно-ролевой игры к ребенку, является «действие в воображаемом мире. Необходимость действовать в вымышленной реальности ведет к развитию у детей символической функции мышления, формированию плана представлений, построению воображаемой ситуации. Второе требование – умение ребенка определенным образом ориентироваться в системе человеческих взаимоотношений, поскольку игра направлена именно на их воспроизведение. Третье требование – формирование реальных взаимоотношений между играющими детьми. Совместная игра невозможна без согласования действий» [8].

Обеспечение данных условий вызывает необходимость выявления соответствующих принципов формирования такой придомовой среды, которая могла бы оказывать социо-организующее воздействие на развитие личности, способствовать формированию творческих и физических способностей ребенка. До сих пор проектировщики не учитывали влияние придомовой среды на познавательно-игровую деятельность детей, в то время как именно она оказывает комплексное воздействие на процесс игры, способствует или препятствует ее осуществлению. После изучения дизайнерских принципов и методов по формированию придомовой территории с учетом игровых потребностей детей, были выявлены особенности игровой деятельности детей в различных типах придомовой среды, в различных зонах придомовой территории и с различными элементами и средствами ее предметного оснащения. «Формы и виды игры во многом зависят от того места, где они происходят. Ландшафтный дизайн выступает в этом случае как одно из средств достижения определенных качеств детской развивающей среды и направлен на создание атмосферы, благоприятной развитию детей, культивированию многообразных форм игровой

деятельности, созданию пространства, способствующего развитию свободной игры» [9, 10]. Для изготовления данной детской игровой площадки планируется использовать материалы, такие как, закаленный металл для устойчивых и надежных конструкций, обработанное натуральное дерево для несущих и декоративных элементов, прочный яркий пластик для дизайнерских решений, резиновое покрытие для сведения к минимуму травматизма у детей. Немаловажную роль в оформлении ландшафтного дизайна участка с детской площадкой играет покрытие. Асфальт, бетон не подходят для активного отдыха малыша. Речной песок, искусственный или натуральный газон могут смягчить удары при падении, коих не избежать в процессе игры. Искусственный газон обладает хорошими дренажными качествами и не позволяет дождевой (талой) воде застаиваться на площадке.

На основе анализа всех требований к организации детского игрового пространства были сделаны выводы, на основе которых спроектирована детская игровая площадка «Водокрут» (рис. 1–3). Задача состояла в разработке предметно-пространственной среды с учётом игровых потребностей детей. Для этого была создана игра, подходящая для детей разного возраста, формирующая и развивающая творческие и физические способности ребенка, а также направленная на развитие социальных контактов детей.

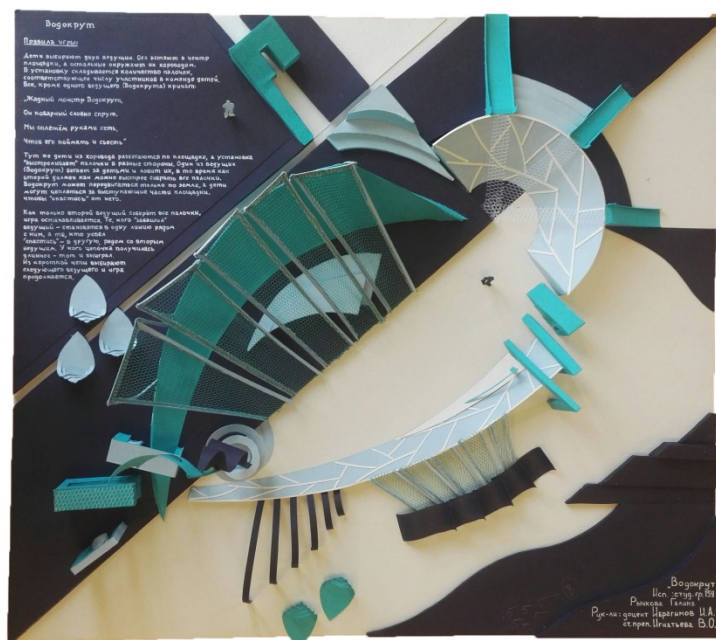


Рис. 1. Детская игровая площадка «Водокрут» (макет).

Автор: Рычкова Г. С., студ. 1-го курса факультета архитектуры УрГАХУ.

Руководители: доц. Ибрагимов И. А., ст. преп. Игнатьева В. О.



Правила игры «Водокрут» состоят в следующем. Дети выбирают двух ведущих. Оба встают в центр площадки, а остальные окружают их хороводом. В специальную установку складывается определенное количество палочек, соответствующее числу участников в команде. Все, кроме одного ведущего, Водокрута, кричат:

«Жадный монстр Водокрут,  
Он коварный словно спрут.  
Мы сплётём руками сеть,  
Чтоб его поймать и съесть!».

Тут же дети из хоровода разбегаются по площадке, а установка “выстреливает” палочки в разные стороны. Один из ведущих, Водокрут, бегают за детьми и ловит их, в то время как второй должен как можно быстрее собрать все палочки. Водокрут может передвигаться только по земле, а дети могут цепляться за выступающие части площадки, чтобы “спастись” от него.

Как только второй ведущий соберёт все палочки, игра останавливается. Те, кого поймал ведущий, становятся в одну линию рядом с ним, а те, кто успел “спастись” – в другую, рядом со вторым ведущим. У кого цепочка получилась длиннее – тот и выиграл. Из короткой цепи выбирают следующего ведущего и игра продолжается.

Данная площадка разделена на функциональные зоны. Функциональные зоны делятся на зону шумных подвижных игр - открытое пространство с покрытием бежевого цвета, зону спокойных игр и отдыха - пространство вне общей формы, зону игр для маленьких детей - горки и веревочные лестницы на краю площадки и зону настольных игр и теневого навеса - пространство под сетчатым навесом (рис. 2).



Рис. 2. Детская игровая площадка «Водокрут» (макет)



Так как большинство детей любит играть в воображаемых мирах и фантазировать о своем перемещении в пространстве, была выбрана морская тема, где можно погрузиться под воду и сразиться с коварным морским монстром. Площадка выполнена в морском колорите. Используются два основных цвета – цвет морской волны и фиолетовый, а также два дополнительных – голубой и бежевый. Зеленый цвет или цвет морской волны – самый привычный для органа зрения – физиологически оптимальный, цвет природы. Успокаивает, повышает работоспособность. Фиолетовый цвет, торжественно-роскошный, символизирует величие и достоинство, роскошь и великолепие, а также дружбу. Голубой цвет – успокаивающий, снижает напряженность. Бежевый цвет в сознании людей обычно связывается со свежестью и здоровьем, поднимает самооценку, способствует хорошему настроению.

В оборудовании площадки можно встретить предметы с морской тематикой: рыбы, водоросли, парус, штурвал, волны, песок. Асимметричная композиция и не прямая, абстрактная аналогия требует более длительного осмысления и раскрывается постепенно. Не стандартные игровые элементы делают игру детей более изобретательной, стимулируют воображение, исследовательскую и физическую активность.

Каждый элемент детской площадки «Водокрут» способствует развитию у ребенка физических навыков. Наличие сетки развивает моторику рук и ног ребёнка при движении по ней, а с ней развиваются и умственные способности. Движение по наклонным плоскостям развивает вестибулярный аппарат ребёнка, развивает ловкость, учит группироваться. Качели учат ребенка чувствовать ритм, а при помощи веревочных лестниц ребенок может усовершенствовать свое чувство равновесия.

Игровая площадка даёт ребенку не только физическое образование, но и возможность общаться со своими сверстниками. Наличие флага придаёт торжественность всему сооружению и развивает в ребёнке, хоть и косвенно, некую гордость, осознание своей уникальности и значимости в мире людей (рис. 3).



Рис. 3. Детская игровая площадка «Водокрут» (макет)

В виду анализа принципов организации детских игровых площадок в целом, следует заключить, что для комфортного пребывания детей на детской площадке и формирования у них физического и психического здоровья необходимо создание подходящих для этого условий, нужно уходить от идеи строительства типовых детских площадок. Решением данной проблемы может служить организация пространства на основе сюжетной игры. Также необходимо разделение игрового пространства на части по функциональным зонам и возрасту детей. Детская игровая площадка «Водокрут» является примером организации пространства с учётом игровых и образовательных потребностей детей.

### Библиографический список

1. Валлон, А. Психическое развитие ребенка / Валлон А. - М. : Просвещение, 1967. – 164 с.
2. Великанова, Е.В. Методика зрелищно-игрового досуга: учеб.- метод. пособие по рекреативным технологиям / Е.В. Великанова, Н.В. Апажихова, А.В. Павленко. – Федеральное агентство по образованию, Тамбовский государственный университет имени Г. Р. Державина. - Тамбов, 2008. – 253 с.
3. Вихрова, Л.Т. Площадки для детей / Вихрова Л.Т. // Жилищное строительство. – М. : Росс. академии архитектуры и строительных наук, 1974. – С. 30 - 31.
4. Воловик, А.Ф. Педагогика досуга / Воловик А.Ф., Воловик В.А. – М. : Флинта, 1998. - 240 с.
5. Выготский, Л.С. Игра и ее роль в психическом развитии ребенка / Выготский Л.С. // Вопросы психологии. – 1966. – № 6. – С. 63.
6. Мигулько, Е.Н. Зарубежная практика формирования дизайна детских игровых площадок в современной городской среде / Мигулько Е.Н. // В мире науки и искусства: вопросы филологии, искусствоведения и культурологии: сб. ст. по матер. XVIII междунар. науч.-практ. конф. Часть II. – Новосибирск: СибАК, 2012. – С.7.
7. Никитина, И.В. Методическая работа. Проблемы организации игровой деятельности детей в современном детском саду / Никитина И.В. [Электронный ресурс] – URL : <http://doshvozrast.ru/metodich/konsultac64.htm> (дата обращения 05.05.2017).
8. Организация досуговых мероприятий / Учебник. М.: Издательский центр Академия, 2014. – 237 с.
9. Сырышева, Н.В. Дизайнерские принципы формирования игровой среды для детей на придомовых территориях (на примере жилых районов г. Москвы) : дис. ... канд. искусствоведения : 17.00.06 / Сырышева Нелли Викторовна. - М., 1985, 220 с.
10. Яременко, Л.В. Архитектурно-планировочная организация придомовых пространств в новых жилых районах крупнейших городов (на примере Киева) : дис. ... канд. архитектуры : 18.00.04 / Яременко Лариса Васильевна. – Киев, 1993. - 191 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ВАРИАНТ КОНЦЕПТУАЛЬНОГО  
ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО РАЗВИТИЯ  
ТЕРРИТОРИИ В ГРАНИЦАХ: УЛ. 2-АЯ  
НОВОСИБИРСКАЯ-ЕКАД-ЛЭП-  
ОХРАННАЯ ЗОНА ГАЗОПРОВОДА  
БУХАРА-УРАЛ**

*Казьмина А. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

*Никитина Н. П.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Статья анализирует градостроительные задачи и современное состояние проектируемой территории; проектные решения в части жилищного строительства, состояние инженерной и транспортной инфраструктуры; установление функционального назначения и параметров развития элементов планировочной структуры; определение зон планируемого размещения объектов капитального строительства; определение местоположения границ образуемых и изменяемых земельных участков. Основная цель подготовки концептуального предложения – улучшение городской среды, архитектурного облика проектируемого района, его открытых пространств, планировки улиц, пешеходных зон, чистоты и экологического состояния. В этой работе будут учитываться вопросы экологии и окружающей среды, оцениваться экологические последствия увеличения плотности населения, жизни в домах малой и средней этажности, интенсивность уличного движения и парковок, загрязнения воздуха, городских пространств.

**Ключевые слова:** магистерский проект, концепция, развитие территории, жилищное строительство, охрана окружающей среды, архитектурно-планировочное решение, инженерные вопросы проектирования, инженерная инфраструктура.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**THE OPTION OF CONCEPTUAL OF THE  
TOWN-PLANNING DEVELOPMENT OF THE  
TERRITORY WITHIN THE BOUNDARIES OF  
THE ST. 2ND NOVOSIBIRSKAYA-EKAD-  
POWER LINE-PROTECTIVE ZONE OF GAS  
PIPELINE BUKHARA-URAL**

*Kazmina A. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

*Nikitina N. P.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The article analyzes the town-planning tasks and the current state of the projected territory; Project solutions in terms of housing construction, the state of engineering and transport infrastructure; Establishment of the functional purpose and development parameters of the elements of the planning structure; The definition of zones for the planned placement of capital construction projects; Determination of the location of the boundaries of the formed and variable land plots. The main goal of the preparation of the conceptual proposal is improving of the urban environment, the architectural appearance of the projected area, its open spaces, street planning, pedestrian areas, cleanliness and ecological condition. This work will take into account the issues of ecology and the environment, assess the environmental consequences of increasing population density, life in small and medium-sized houses, the intensity of traffic and parking, urban and air pollution.

**Key words:** master's project (thesis), territory development, housing construction, environmental protection, architectural and planning solution, engineering design issues, engineering infrastructure, social services, state of the territory.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В последние годы стали частыми обращения в Администрацию города Екатеринбурга граждан и юридических лиц с просьбой предоставить разрешение на строительство индивидуальных жилых домов на землях сельхозназначения. Большинство таких обращений сопровождаются материалами межевания территории, зарегистрированными в органах государственной власти. Департамент архитектуры вынуждена отказывать в таких обращениях по нескольким причинам.

1. Согласно градостроительной документации Генерального плана развития городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2025 года и Правил землепользования и застройки, испрашиваемые земельные участки относятся к территориальным зонам (рекреационным, сельскохозяйственным и др.), градостроительные регламенты которых не имеют соответствующих разрешенных видов использования.

2. Земельные участки находятся за границами населенного пункта города Екатеринбурга и других населенных пунктов в границах муниципального образования на межселенных землях. Необходимо изменение границ населенного пункта и согласование в Министерстве регионального развития РФ.

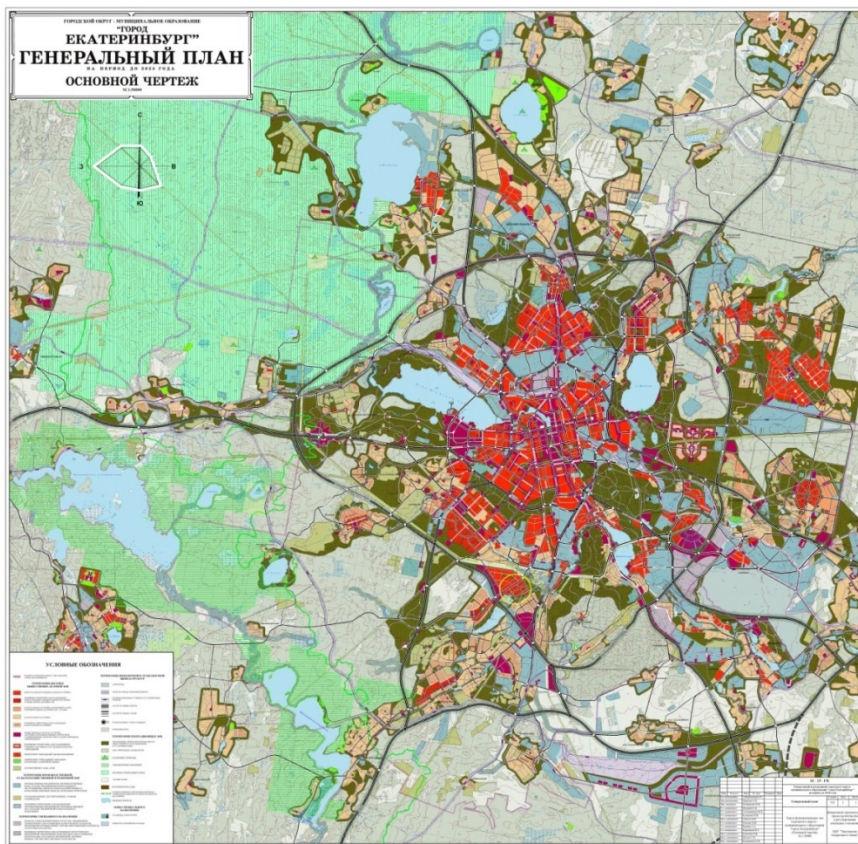


Рис. 1. Генеральный план развития городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2025 года



Исходя из сложившейся ситуации, Администрацией города было принято решение – в рамках актуализации «Генерального плана развития городского округа – муниципального образования «город Екатеринбург» на период до 2025 года» разработать Концепцию градостроительного развития данной территории с целью изменения, уточнения и детализации положений. Разработка территориальной схемы позволит выполнить новое градостроительное зонирование территории, определить функционально-планировочные образования, зоны с особыми условиями использования, природные и озелененные территории, линейные объекты инженерной и транспортной инфраструктуры, зоны резервирования земель. В рамках магистерской работы ст. Казминой А.А. под руководством доц. Никитиной Н.П. на кафедре архитектуры УрФУ для более детальной проработки был выбран вариант концептуального решения территории в границах: ул. 2-ая Новосибирская – ЕКАД – ЛЭП – охранный зона газопровода Бухара-Урал, разработанный ООО «УК «ПРО-БИЗНЕС-ПАРК».

Возможно, разработанная концептуальная схема станет основой для выполнения градостроительной планировки и проектов межевания данной территории.

### **Природные условия**

Инженерно-геологические условия площадки благоприятные. Естественным основанием фундаментов на глубине будут служить аллювиально-делювиальные глинистые и песчаные грунты, аллювиальные суглинки и сапролиты, а также дресвяно-щебенистые и скальные грунты.

Проектируемая территория находится в Юго-западной части города на землях Чкаловского административного района. Границами проекта определены:

- на севере – трасса магистрального газопровода Бухара-Урал;
- на востоке – ул. 2-ая Новосибирская;
- на западе – «коридор» ВЛЭП;
- на юге – проектируемая Екатеринбургская кольцевая автодорога (ЕКАД)

Территория свободна от застройки.

### **Улично-дорожная сеть**

В основу развития улично-дорожной сети положен принцип максимального разделения транзитного, грузового, легкового и общественного транспорта, пешеходного движения.

Проектная структура улично-дорожной сети района будет включать:

- магистральные дороги скоростного движения;
- магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением;

- магистральные улицы районного значения
- улицы местного значения.



Рис. 2. Границы проектируемой территории. Вариант концептуального решения территории, ООО УК «ПРО-БИЗНЕС-ПАРК»

*Магистральная дорога скоростного движения.* Екатеринбургская кольцевая автомобильная дорога – ЕКАД. Ширина проезжей части в перспективе составит 24,0 м – по 3 полосы в каждом направлении.

*Магистральные улицы общегородского значения с непрерывным движением.*

1. Продолжение ул. 2-я Новосибирская. Этой улице придается большое значение для обеспечения транспортной связи проектируемого района с центральными районами города. Кроме того, благодаря выходу на ЕКАД, обеспечивается удобная транспортная связь проектируемого района с другими районами в обход города.

2. Ответвление от ул. 2-я Новосибирская. Этот участок магистральной дороги улицы, имеющий выход на скоростную дорогу (в перспективе ул. Селькоровская – Полевской тракт) обеспечивает пропуск транспортного потока, транзитного по отношению к проектируемому району.



Магистральные улицы районного значения предлагаются для транспортного обслуживания внутри проектируемого района.

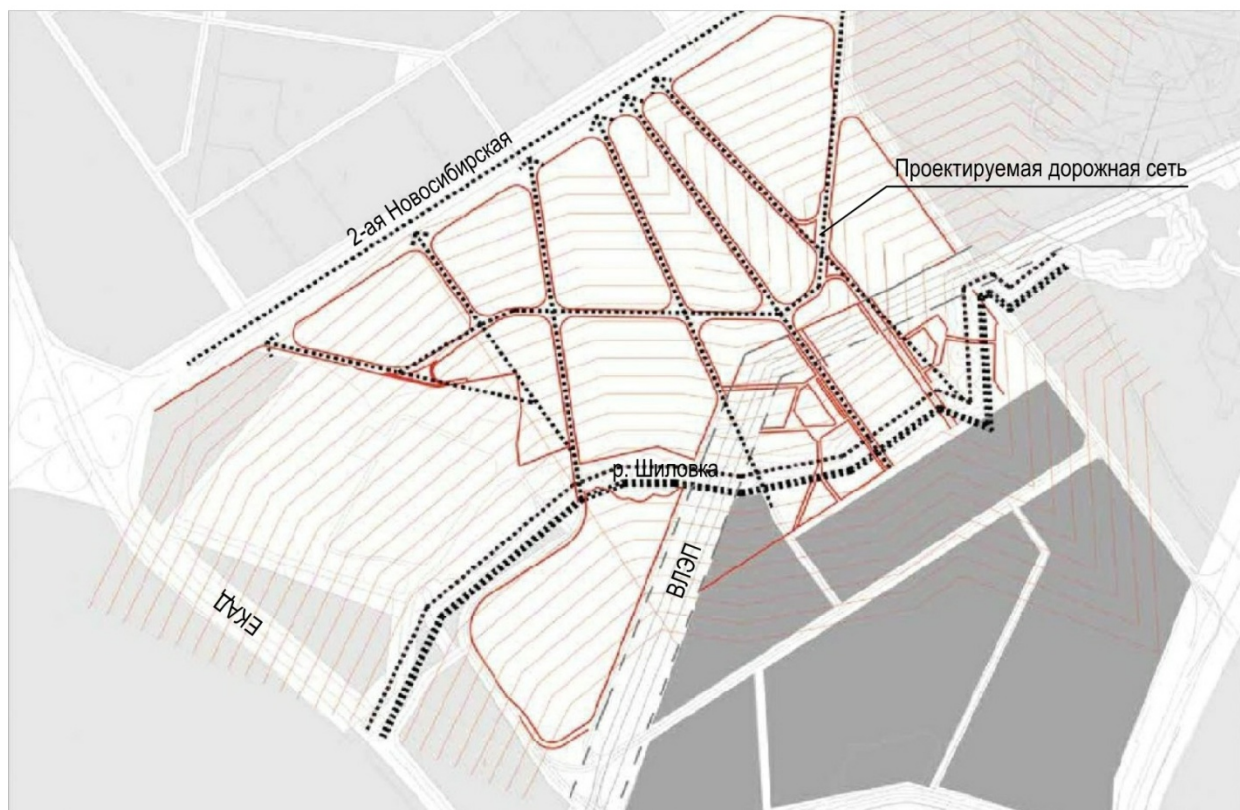


Рис. 3. Организация дорожно-уличной сети. Вариант концептуального решения территории, ООО УК «ПРО-БИЗНЕС-ПАРК»

### **Инженерно-транспортные сооружения**

Для обеспечения максимальной пропускной способности улиц и дорог генеральным планом «город Екатеринбург» предусмотрено строительство транспортных развязок в разных уровнях.

### **Городской транспорт**

В соответствии с Генеральным планом города пассажирские перевозки в районе планируется осуществлять следующими видами транспорта: городской электричкой, автобусом, маршрутным такси, легковым автотранспортом. Линии движения общественного транспорта показаны на «Схеме транспортной инфраструктуры».

### Пешеходное движение

На вновь проектируемых территориях жилых микрорайонов будет предусмотрена организация пешеходных улиц, бестранспортных зон вблизи объектов обслуживания с концентрацией пешеходов и рекреационных зон.

### Архитектурно-планировочное решение

Проектом намечается создание среднеэтажной застройки и образование нового микрорайона.

Генеральным планом предлагается организация периферийного транспортного кольца и продолжение ул. 2-я Новосибирской в южном направлении. Таким образом, проектируемый район имеет планировочные ограничения с севера и юга (см. рис. 2).

Все районы будут объединены единой структурой улично-дорожной сети и районам бульваром с центрами обслуживания, со скверами и парками вдоль него.

Общественные центры местного значения будут предусмотрены в каждом жилом районе. Резервируются территории для общеобразовательных школ и детских дошкольных учреждений.

Размещение и вместимость объектов обслуживания должны уточняться проектом.

Рекреационная зона занимает значительную часть территории района – это леса, окружающие проектируемые жилые районы, озелененные территории общего пользования, зоны отдыха.



Рис. 3. Планировки территории. Вариант концептуального решения территории, ООО УК «ПРО-БИЗНЕС-ПАРК»

В проектируемых районах будет предусмотрена организация системы озеленённых территорий общего пользования – бульваров, скверов, пешеходных зон.

Наиболее привлекательными местами отдыха станет пруд на р. Шиловке.

На проектируемой территории жилого микрорайона будет предусмотрена организация пешеходных улиц, бестранспортных зон вблизи объектов обслуживания с концентрацией пешеходов и рекреационных зон.

На территории района будет предусматриваться организация велосипедного движения на обособленных полосах улиц и дорог, на специально выделенных парковых дорогах и пешеходных улицах.

Основным видом городского пассажирского транспорта для обслуживания района сохраняется автобус.

### **Охрана окружающей среды**

Проектом необходимо предусмотреть максимальное сохранение лесных территорий, преобразование в парки прилегающих участков леса, устройство парков и скверов в жилых микрорайонах, озеленение поймы р. Шиловки.

Для предотвращения загрязнения водных объектов, проектом предлагается ряд мероприятий:

- организация развитой сети бытовой канализации и водоснабжения района;
- отведение бытовых стоков района в городскую систему канализации с очисткой на южных сооружениях аэрации города либо на локальных сооружениях бытовой канализации;
- отведение ливневых стоков с территории малоэтажной застройки в систему открытого водоотвода и очисткой на площадках локальных очистных сооружений ливневой канализации с отстойниками, сменными фильтрами и сбросом в существующие водотоки;
- отведение ливневых стоков с территории многоэтажной, коммунальной и промышленной застройки в систему закрытой ливневой канализации и соответствующей очисткой на очистных сооружениях и сбросом в реки района;
- отведение условно-чистых дренажных вод и стоков с крыш территории района без очистки в существующие водотоки;
- организация береговой полосы (20 м) р. Шиловки.

Так же при проектировании необходимо сохранить естественный рельеф, почвенный покров и существующие зеленые насаждения. Асфальто-бетонное покрытие улиц и автостоянок, а также решение водоотвода на всей территории должно способствовать сохранению почвенно-растительного покрова.

### Заключение

В варианте концептуального градостроительного развития предложенной территории решаются важнейшие вопросы, определенные реальными природными условиями. Рассматриваются инженерно-транспортные сооружения, разрабатывается улично-дорожная сеть. Важнейшее значение придается мероприятиям по охране окружающей среды и сохранению лесных территорий.

### Библиографический список

1. Предтеченский В.М. Архитектурно-строительное образование и научные основы проектирования/ Предтеченский В.М. – Москва: Стройиздат, 2003. – 196 с.
2. Шимко В.Т. Типологические основы художественного проектирования архитектурной среды/ Шимко В.Т. , Гаврилина А. – Москва: Архитектура-С, 2006. – 285 с.
3. ГОСТ Р 52289-2004. Технические средства организации дорожного движения. Правила применения дорожных знаков, разметки, светофоров, дорожных ограждений и направляющих устройств. – Введ. 2001-01-01. - Москва: Изд-во Стандартиформ, 2006. – 100 с.
4. СНиП 10.01.94. Системы нормативных документов в строительстве. Основные положения. - Взамен СНиП 1.01.01-82\*, СНиП 1.01.02- 83, СНиП 1.01.03 - 83\* и ГОСТ 24369 – 86; введ. 1995-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 1994. – 31 с.
5. СП 42.13330.2011. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений.- Взамен СНиП 2.07.01-89\*; введ. 2011-05-20. – Москва: ОАО «ЦПП», 2011. – 114 с.
6. СП 34.13330.2012. Автомобильные дороги.- Взамен СНиП 2.05.02-85\*; введ. 2013-07-01. – Москва: ЗАО «СоюздорНИИ», 2012. – 111 с.
7. НГПСО 1-2009.66. Нормативы градостроительного проектирования Свердловской области. – Введ. 2010-03-15. – Екатеринбург: УРАЛНИИПРОЕКТ РААСН, 2009. – 192 с.
8. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. – Взамен СП4.13130.2009; введ. 2013-06-24. – Москва: АО «Кодекс», 2013. – 187 с.
9. СП 118.13330.2012. Общественные здания и сооружения. – Взамен СНиП 31-06-2009; введ. 2014-09-01. – Москва: ФАУ «ФЦС», 2014 – 76 с.
10. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. – Взамен СНиП 23-01-99; введ. 2013-01-01. – Москва: ФАУ «ФЦС», 2015. – 124 с.
11. СП 52.13330.2011. Естественное и искусственное освещение. – Взамен СНиП 23-05-95\*; введ. 2011-05-20. – Москва: ОАО «ЦПП», 2011. – 75 с.
12. Информационный портал Екатеринбурга [Электронный ресурс]. URL: <https://екатеринбург.рф>

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ВОКЗАЛ – МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ГОРОДСКОЙ ЦЕНТР**

*Хаирзаманова А. Р.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [aygul\\_ana@mail.ru](mailto:aygul_ana@mail.ru)

*Мальцева И. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [i.n.maltceva@urfu.ru](mailto:i.n.maltceva@urfu.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена влиянию железнодорожных вокзалов на инфраструктуру городских территорий, строительству новых и реконструкции старых зданий вокзалов и прилегающих площадей. Приводится историческая справка развития железнодорожного вокзала как центра досуга населения города. Рассматриваются вопросы своеобразных архитектурных решений вокзалов, подчеркивающих национальные традиции в формировании образа здания с учетом климатических условий региона строительства, а также синтез с современными инновационными технологиями материалами. Раскрывается проблема социального аспекта проектирования железнодорожных вокзалов как фактора, влияющего на развитие малых городов в целом по России и в северных регионах, в частности. Вокзал рассматривается как многофункциональное здание, привлекательное для застройщиков, девелоперов и инвесторов. Основные тенденции вокзальных сооружений в настоящее время: функциональное развитие, историческая аутентичность, устойчивость.

**Ключевые слова:** железнодорожный вокзал, многофункциональный центр, инновационные технологии, энергоэффективные технологии, транспортно-пересадочные узлы.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **RAILWAY STATION – MULTIFUNCTIONAL CITY CENTER**

*Khairzamanova A. R.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, aygul\_ana@mail.ru

*Maltceva I. N.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, i.n.maltceva@urfu.ru

**Abstract.** The article is devoted to the influence of railway stations on the infrastructure of urban areas, the construction of new and reconstruction of old buildings of stations and adjacent areas. The historical reference of the development of the railway station as a leisure center of the city's population is given. There are considered the unique architectural solutions of stations which emphasize the national traditions in the building image formation taking into account the climatic conditions of the construction region, as well as synthesis with modern innovative technologies and materials. The problem of the social aspect of the design of railway stations as a factor affecting the development of small towns in general across Russia and in the northern regions, in particular, is revealed. The station is considered as a multifunctional building that is attractive for developers, developers and investors. The main trends of the station facilities at present are functional development, historical authenticity, sustainability.

**Key words:** railway station, multifunctional center, innovative technologies, energy-efficient technologies, transport-transplantation.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



Железнодорожный вокзал как общественное образование ведёт свою историю от начала промышленной эры: с 1825 года в Европе и 1838 – в России. Большинство других общественных объектов – кинотеатры, автостанции, аэропорты, метрополитены появились гораздо позднее [1]. За почти два столетия по всему миру построены тысячи вокзалов, отразивших эволюцию архитектуры, её разнообразие, противоречия известных и неожиданных стилей; новшества в строительстве и конструкциях, вызванные появлением многих поколений материалов (дерево, чугун, сталь, бетон, стекло); технологические особенности, продиктованные жизнью общества. Железные дороги и вокзалы оказали заметное влияние на развитие городов и населённых пунктов. Своим присутствием они внесли значительные изменения в их структуру, создали предпосылки для появления и роста новых городских кварталов, посёлков для эксплуатационников и их семей, стали частью города во всём его сложном единстве и противоречии, полем для широкой экономической, социально-культурной и политической деятельности. Вокзал как одно из редких строений и специфических мест в истории – явление многоликое. Социология вокзалов, отражающая особенные, свойственные только данному месту отношения индивидуумов и групп людей; политические и экономические события, происходившие на вокзалах; значение вокзалов в военное время; тема вокзалов в литературе, искусстве, кино, песнях позволяют говорить о «мире вокзалов». Первое «многофункциональное» здание вокзала в России, значительное по размерам и с великолепной отделкой, было построено в Павловском парке по проекту архитектора А.И. Штакеншнейдера (рис. 1). Постройка и её окружение не были вокзалом в обыденном современном понимании, где услуги во многом определяются продажей билетов и устройством мест для ожидания. Оно было выполнено на манер загородной усадьбы, представляло собой двухэтажный симметричный объём с полукруглыми крыльями и открытыми галереями. В нем были распланированы места для отдыха и развлечений, сад с фонтанами, большой концертный зал, ресторан, множество отдельных кабинетов. Подобные вокзалы были построены в Москве, Петровском парке и Сокольниках. В таких вокзалах проводились музыкальные вечера, танцы, званые обеды, театральные вечера.

С открытием в 1851 г. Петербургско-Московской (Октябрьской) железной дороги, означавшей для Москвы конец эпохи конного транспорта, начал формироваться Московский железнодорожный узел, а с постройки Николаевского (Ленинградского) вокзала начинается история столичных вокзалов [1]. Размещение железнодорожных вокзалов и путей определяют географию активной застройки Москвы. Рядом с вокзалом образуются здания складов, грузовых дворов, ремонтных мастерских, далее рабочие и жилые кварталы. Железнодорожный вокзал, оставаясь элементом структуры железнодорожного транспорта,



все больше становится компонентом городской инфраструктуры, объединяющим как транспортные системы разного типа, так и социальные обслуживающие системы (рис. 2).



Рис. 12. Здание Павловского вокзала



Рис. 13. Здание Николаевского вокзала в Москве

Размещения железнодорожных вводов и вокзалов с большой точностью определяют географию активной застройки Москвы фабричными корпусами и рабочими жилыми кварталами. Территории близ вокзалов, до того времени пустовавшие, становятся предметом оживлённого спроса – здесь вырастают здания складов, грузовых дворов, ремонтных мастерских. Растущий город стремится в первую очередь заполнить пустоты.

Для перевалки грузов и перевозки пассажиров с одного радиального направления на другое проложили кольцевую дорогу – Московскую окружную магистраль, эксплуатация которой началась в 1908 г. Так в первом десятилетии XX в. сложился территориально Московский железнодорожный узел и окончательно закрепились местоположение столичных вокзалов.

На примере парижских вокзалов попробуем понять, чем отличается европейский подход к строительству вокзалов от российского. Выбор мест размещения Парижских вокзалов непосредственно связан с формированием железнодорожной сети города. Первая железнодорожная линия во Франции была проложена в 1837 году, а первым пассажирским сооружением в Париже стал вокзал Сен-Жермен (рис. 3). Затем в 1840 г. железная дорога соединила Париж с Версалем. К этому времени Париж ещё проявляет тенденцию к расширению в западном направлении преимущественно по течению Сены, осваивая возвышенные участки, образованные излучинами реки, развиваясь по окружности, кольцами. От Больших бульваров лучи застройки тянулись вдоль шоссейных дорог в сторону последних укреплений, возведённых по приказу Тьера (французский историк и государственный деятель, палач Парижской коммуны), линия которых сообщает Парижу его современные очертания. Радиальные линии в 1860 году соединили первой окружной дорогой, а затем почти через двадцать лет вторым кольцом.



Рис. 14. Здание вокзала Сен-Лазар (Париж)

Анализ этапов и форм территориального развития городов на протяжении полутора веков показывает, что оно протекало в прямой зависимости от транспортных средств:

вначале до возникновения железнодорожных линий, вдоль дорог; затем пятнами вокруг железнодорожных станций.

Конец XIX и начало XX в. в Париже отмечаются оживлением железнодорожного строительства непосредственно в черте города. На левом берегу Сены подземные вводы железнодорожных линий глубже, чем в других местах, проникли в исторический Париж, так называемый «священный овал», вызвав необходимость сооружения еще нескольких вокзалов. В этом существенное отличие французского опыта от практики строительства московских вокзалов, оставшихся за чертой исторического ядра города – Садового кольца, опыта, в котором заметно стремление решать средствами железных дорог проблемы городского транспорта [1].

Города разрастались и затем срослись с транспортно-коммуникационным узлом, вокзал становится градоформирующей основой городской структуры. Отечественная и зарубежная практика показывает, что вокзалы влияют на формирование городов, и, как правило, в крупных городах длительное время сохраняют свое местоположение, а если отдельные малодейственные вокзалы закрываются, то пассажиропоток не исчезает, а перераспределяется на другие пассажирские сооружения, вызывая их перегрузки и необходимость реконструкции. Вынос вокзала за городскую черту, во-первых, связан со значительными капитальными затратами, а во-вторых, со временем он будет неизбежно поглощён городом, вызывая его расширение. Поэтому необходим поиск рациональных технических решений, если хотите, компромисса, удовлетворяющего интересы и города, и железнодорожного ведомства. Вокзал и станция – это тот же город, и отношение к ним должно строиться на тех же основах, что и к другим общественным центрам. Вокзал каждого города обладает потенциальными возможностями. Это своего рода зародыш, из которого в зависимости от внешних условий может впоследствии вырасти крупный многофункциональный комплекс.

В процессе развития технологий появились новые виды транспортов и для функциональной связи городского транспорта и железнодорожного стали возникать новые комплексы в виде транспортно-пересадочных узлов. А в свою очередь, в настоящее время транспортные узлы перерастают в многофункциональные комплексы, которые включают в себя торгово-развлекательные и бизнес центры.

Ниже мы приведем основные тенденции развития железнодорожных вокзалов в ближайшем будущем.

### **Функциональное развитие**

Преобразование традиционных железнодорожных вокзалов в терминалы, координирующие системы транспортных коридоров и обеспечивающие взаимодействие различных видов транспорта на всех территориальных уровнях. Кроме обеспечения всеми необходимыми транспортными услугами пассажиров, терминалы выполняют также функции бизнес- и торгово-развлекательных центров, например, железнодорожные вокзалы в Берлине, Сеуле, Пекине, Кембридже и т.п. [2]; Предпринимательская деятельность способствует экономическому росту. Грамотная функциональная планировка увеличит конкурентоспособность железнодорожных вокзальных комплексов по отношению к другим видам транспорта [3].

### **Историческая аутентичность**

На основе существующих решений старинных сооружений и с учетом современных потребностей комфортности необходимо предусмотреть возможные варианты приспособления железнодорожных вокзальных комплексов в историческом городе. Варианты нового назначения некоторых функциональных зон вокзалов должны также учитывать вопросы сохранения и восстановления окружающей среды [4].

### **Устойчивость, энергоэффективность, экологичность**

В связи с ограниченностью природных ресурсов, с большими затратами на обслуживание вокзалов, снабжение их водой, теплом и электричеством для поддержания комфортного микроклимата помещений возникла потребность в энергоэффективных технологиях и привлечении в инженерные сети вокзалов возобновляемых источников энергии.

Устойчивость это сохранение окружающей среды – экологичность, научно-технический прогресс и экономия – энергоэффективность, а также архитектура, которая будет актуальна для будущих поколений.

«Умный вокзал» – это комплекс систем, позволяющих максимально увеличить эффективность функционирования инфраструктуры и технических средств вокзала, при котором все технические, технологические и организационные процессы реализуются при минимальном участии человека [4]. А также применение энергоэффективных технологий, позволяющих уменьшить энергозатраты на обслуживание вокзала.

Применение наиболее экологичных материалов. Активное развитие экобизнеса – переработка и утилизация отходов.

Изучение мирового практического опыта приводят к выводу о необходимости формирования целостной структуры коммуникативных пространств в структуре



железнодорожных вокзальных комплексов, что обусловлено развитием информационного общества и тесно связано с изменением характера воздействия научно-технического прогресса на жизнь людей [5]. На сегодняшний день железнодорожные комплексы и транспортно-пересадочные узлы являются не только транспортными, но и общественными зданиями, поскольку, имея хорошее расположение в городе, используется под общественно-городские функции. В процессе эволюции функции вокзала изменились: сооружение стало рекреационной средой и объемно-пространственной составляющей города, общественным пространством, в котором человек мыслится как всесторонне развитая личность, осуществляющая межличностные, межкультурные и межнациональные коммуникации.

В процессе застройки и развития городов, нехватка площадей под строительство новых и реконструкции уже существующих зданий железнодорожных вокзалов, их грамотная архитектурно-планировочная организация с синтезом современных инновационных технологий - актуальная задача современности [7, 8].

### Библиографический список

1. Батырев В.М. Вокзалы. М.: Стройиздат, 1988. – 216 с.
2. Концепция эффективного использования и развития железнодорожных вокзалов Дирекции железнодорожных вокзалов - филиала ОАО "РЖД" до 2015 года [Сетевой ресурс]. – URL: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/535762/1>
3. Чобан О. Я. Пути развития стратегической реконструкции ЖВК исторических городов Украины // Научная статья [Сетевой ресурс]. – URL: <https://www.marhi.ru/AMIT/2014/1kvart14/choban/choban.pdf>
4. Партыка Р. Архитектурно-планировочная реконструкция и современное использование памятников архитектуры // Вестник Львовского национального аграрного университета / Серия "Архитектура и сельскохозяйственное строительство", 2008.
5. Древаль И.В., Мохаммад С. Ф Коммуникативная функция железнодорожных вокзальных комплексов как средство гуманизации их архитектурной среды // Научная статья [Сетевой ресурс]. – URL: <http://www.sworld.com.ua/konfer36/467.pdf>
6. Мубаракшина Ф. Д., Рачкова О. Г. К вопросу о современной типологии и некоторых проблемах архитектуры транспортных сооружений // Архитектура зданий и сооружений. Творческие концепции архитектурной деятельности. [Сетевой ресурс]. – URL: [http://izvestija.kgasu.ru/files/1\\_2012/17\\_23\\_Mubarakshina\\_Rachkova.pdf](http://izvestija.kgasu.ru/files/1_2012/17_23_Mubarakshina_Rachkova.pdf)
7. О Стратегии развития железнодорожного транспорта в Российской Федерации до 2030 года – ОАО "РЖД" [Сетевой ресурс]. – URL: [http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE\\_ID=704&layer\\_id=5104&id=3997](http://doc.rzd.ru/doc/public/ru?STRUCTURE_ID=704&layer_id=5104&id=3997)
8. Архитектура российских вокзалов - ОАО "РЖД" [Сетевой ресурс]. - URL: <https://rzd-expo.ru/history/Arhitektura%20rossiyskih%20vokzalov/>

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПЕШЕХОДНОСТЬ КОМФОРТНОЙ ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ**

*Хриченков А. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [khrich@mail.ru](mailto:khrich@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассматриваются последствия смены общественно-экономической формации в России, роста автомобилизации в аспекте посещаемости общественных и общих пространств. В городах России дворовые пространства огораживаются, перемещая всех пешеходов на тротуары загазованных магистральных улиц. Горожане предпочитают передвигаться на автотранспорте, превращая все городские территории в поля для автостоянок. Своего рода хаос градостроительства, точечность принятия решений требует бдительного внимания со стороны властей, профессионального сообщества архитекторов и градостроителей. Гуманизация городской среды предполагает использование различных инструментов: юридических, психологических, градостроительных, архитектурных, социальных. Для возрождения общественной активности, создания городов с преобладанием пешеходных потоков необходимо включение дворовых пространств в пешеходный и зеленый каркас города средствами сервитутов, разработка концепций общественного обслуживания и уход от авто-ориентированных решений.

**Ключевые слова:** общественные пространства, огороженные дворовые территорий, пешеходность, система торгового обслуживания.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **COMFORTABLE CITY ENVIRONMENT PEDESTRIANISM**

*Khrichenkov A. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, khrich@mail.ru

**Abstract.** In the article consequences of change of a socioeconomic structure in Russia, growth of automobilization in aspect of attendance of public and general spaces are considered. In the cities of Russia domestic spaces are fenced, moving all pedestrians on sidewalks of gas-polluted trunk streets. Citizens prefer to move on a motor transport, turning all urban areas into fields for parkings. Some kind of chaos of town planning, a locality of decision-making requires vigilant attention from the authorities, professional community of architects and town-planners. The humanization of the urban environment assumes use of different tools: legal, psychological, town-planning, architectural, social. Revival of public activity, creation of the cities with dominance of pedestrian flows requires switching on of domestic spaces in a pedestrian and green frame of the city means of easements, development of concepts of public service and leaving from the car-oriented decisions.

**Key words:** public spaces, fenced courtyards, pedestrianism, trade service system.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



О город! О сборник задач без ответов,  
О ширь без решенья и шифр без ключа!

<...>

Что счастье, коль правда, что новым нетвердым

Плетням и межам меж людьми не бывать

«1 мая» Б. Л. Пастернак

В своем стихотворении Борис Леонидович, полагая, не без иронии отмечает счастье в отсутствии границ между людьми, исключении обособленности и эгоизма индивида. Современные архитекторы, градостроители, урбанисты уделяют проблеме общественных пространств достаточно много внимания, понимая, что изменения, произошедшие в социальной, экономической сфере, в быте, на рубеже тысячелетий требуют смены парадигмы. Переход к капитализму и появление интернета, социальных сетей, резонируя, произвели мощный эффект, кардинально поменяв отношение людей друг к другу и к окружающему пространству. В данной статье предпринята попытка проанализировать как вышеуказанные процессы отражаются на городской среде.

Капитализм привнес в жизнь российского общества новые возможности: совершать покупки среди широкого ассортимента товаров, путешествовать по всему миру, предаваться соблазну изобилия, иметь частную собственность, в том время как социалистическая концепция стремилась к объявлению всего общественным достоянием. После 1990 года законодательно закрепились следующие виды собственности: частная, муниципальная, государственная. С частной собственностью неразрывно связан термин «общее» (общее имущество собственников жилья, например), с муниципальной и государственной – «общественное». Общим имеет право пользоваться узкий круг правообладателей, общественным – все граждане России. В сфере территориального управления имеются проблемы деградации общественных пространств, их непосещаемость, а также неоднозначная позиция в управлении общими дворовыми территориями.

Человек в капиталистическом укладе экономики стремится увеличить личное, максимально используя общее, а иногда и чужое. Динамическая адаптация личности к социальным требованиям приводит к тому, что энергия приобретает формы, побуждающие человека действовать в соответствии со специфическими требованиями экономики [1].

Законодательство РФ закрепило ответственность за состояние и право распоряжения дворовыми пространствами за общим собранием собственников жилья. Далеко не во всех кондоминиумах собственники управляют общим имуществом в силу безынициативности либо других препятствующих факторов: сложности согласования решений с системой административного управления, отсутствие знаний и информированности по теме

управления общим имуществом, экономической неэффективностью создания товариществ собственников жилья, что характерно для застройки с большим физическим износом и др. В результате мы наблюдаем два диаметрально разных процесса: одни «дома» (группы домов) огораживаются, обозначая границу своих владений, и благоустраивают, развивают свое общее имущество, другие лишь наблюдают за его деградацией.

«Личному» началу присуще желание ограничить внешний контроль над собой, своими интересами и действиями, выражающееся в установке, поддержании и укреплении барьеров между всем тем, что рассматривается как «свое» и всем прочим [2]. Исследования ученых социологов привели к достаточно однозначным выводам: «За забором быть счастливым невозможно – это норма нашей культуры» [3]. Американский ученый Р. Бенджамин менталитет постоянных обитателей закрытых жилых сообществ («gated communities») описывает как смесь самодовольства и страха перед опасностями, существующего, несмотря на стены, нередко с колючей проволокой вверху и круглосуточной охраной [4]. М. В. Мельников по результатам своего исследования делает выводы: «С появлением стен и заборов страх и недоверие в отношениях между людьми не снижаются, а растут. <...> Люди, решившие поставить шлагбаум и забор в физическом пространстве, еще раньше соорудили в своем сознании виртуальные барьеры, отделяющие их от людей, к которым они относятся со страхом, нежеланием понять и высокомерием.

Стоит ли гражданам ставить заборы, шлагбаумы? Однозначно дать ответ невозможно: с одной стороны огороженные дворы имеют больше шансов быть благоустроенными, с другой – не решают вопросы психологического комфорта «хозяев» и создают препятствия «чужакам». Создание физических границ кондоминиумов ликвидирует транзитные пешеходные потоки, к которым многие люди привыкли, некоторые собственники жилья советской застройки лишаются проходящих на них ранее доли спортивного ядра, расположенного на чужой территории. Имеются случаи, что единственный тротуар, выводящий с территории квартала, проложенный по чужой территории, перекрывается калиткой с контролем доступа, тем самым заставляя жильцов пользоваться для пешеходного движения проездами. Вариант построения прогулочных пешеходных маршрутов через озелененные дворовые пространства также исчезает, направляя всех на тротуары загазованных магистральных улиц.

В управлении дворовыми территориями имеется немаловажный аспект потребительского поведения. Сегодня, изобилие товаров и сравнительная их доступность привели к тому, что человек не хочет отремонтировать, восстановить, починить материальные вещи личного использования и, тем более, общего, а намерено меняет устаревшую, сломанную вещь на новую, отправляя прежнюю, привычную в урну.

Аналогичным образом, хотя и более инертно, люди меняют место своего проживания, испытывая неудовлетворенность своей комнатой, квартирой, подъездом, дворовой территорией. Отсюда отсутствие желания вкладывать собственные силы и средства в развитие, благоустройство, ремонт того, что имеет.

Скамьи, спиленные в «девяностые» для защиты от шумных ночных посиделок, в большинстве дворов так и не появились до сих пор. Стало редкостью встретить бабушек у подъезда. Единственные группы людей, действительно, похожие на сообщества – мамы с детьми и «собачники». Дети и животные оказались неподвластны смене социально-экономических формаций, им необходима социализация, общение, прогулки. Находящиеся в «замкнутом пространстве» декретного отпуска мамы также нуждаются в общении, в возможности посмотреть на других людей.

Общественные пространства стали менее посещаемыми, так как появилась альтернатива живому общению. Стоит ли градостроителям ломать голову, чтобы возродить кипящую общественную жизнь? Если да, то какими средствами?

Эти вопросы вызывают когнитивный диссонанс. С одной стороны архитекторы, градостроители, урбанисты должны создавать город удобный его жителям, соответствующий их потребностям и образу жизни. С другой стороны мы неоднократно наблюдали, как тот или иной образ жизни входил в противоречие с человеческой природой. Создавая «автомобильные» города, ученые-градостроители стремились ускорить коммуникации в том числе с целью освободить личное время человека для занятия спортом, прогулок, общения с семьей. Однако по данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) с 1980 года число лиц во всем мире, страдающих ожирением увеличилось в 3 раз. Одна из причин – сокращение физической активности, пешего передвижения граждан.

По мнению Яна Гейла, мы можем создать города, в которых совсем не нужно будет двигаться [5]. Но стоит задуматься будет ли это способствовать гуманизации города? В очередной раз встает вопрос о том, чьим запросам должен отвечать современный гуманный город. Рост автомобилизации, маятниковые миграции городских жителей из пригородов в центры крупных городов создают давление на муниципалитеты и побуждают предоставлять постоянно растущее количество парковочных мест, чтобы избежать социального напряжения.

Как следствие это приводит к сокращению пешеходных пространств, к улицам с зауженными тротуарами, к газонам, принесенным в жертву парковкам. Феномен развивается не только властями, но также жителями, которые собирают подписи за создание парковок на месте зеленых пространств в кондоминиумах [6]. Сегодня в России внимание к пешеходной

среде оформляется только в некоторых городах созданием пешеходных улиц и возрождением общественных площадей.

Использование автомобилей также подогревается появлением гигантских торгово-развлекательных комплексов, которые предпочитают граждане для приобретения товаров, в том числе ежедневного спроса [7]. Зачастую эти крупные торговые центры находятся вне комфортной пешеходной доступности (1,6 км).

Учитывая чуждость современного городского образа жизни человеческой природе, проявляющегося в психологических и физических патологиях, возникающих у граждан, требуются изменения в градостроительной политике и политике территориального управления. В качестве основного принципа следует принять примат общественной деятельности перед другими формами, создание городов для людей – гуманных городов. Создание гуманной городской среды для человека предполагает максимизацию пешеходного движения и, соответственно, минимизацию автомобильного.

Данный посыл находит отражение в сокращении пространств для личного автотранспорта, оптимизации общественного транспорта, увеличении пешеходных пространств, площадей. Безусловно, городская среда для пешеходов должна быть благоустроена: человек должен чувствовать себя защищенным от автомобилей, пространства должны быть освещены, озеленены, человек должен иметь возможность присесть ради пятиминутного отдыха или более долгосрочного общения и т. д.

Для интенсификации использования пешеходного движения необходимо переориентироваться с гигантских моллов для авто-использования на сомасштабные человеку магазины. В Европе для регулирования торговли разрабатываются концепции общественных центров [8–10]. Данные концепции являются градостроительными регламентами ограничения максимальной торговой площади и ассортимента товаров, муниципальными законами ограничивающими бизнес.

Для сокращения протяженности пеших коммуникаций необходимо с одной стороны приближать места притяжения к местам проживания граждан, с другой – способствовать достижению гражданами этих мест по кратчайшим путям, в том числе транзитным через чужие дворовые пространства. В Германии, например, для целей соединения дворовых пространств пешеходными маршрутами используются сервитуты. Таким образом, несмотря на приватность отдельных территорий, человек может беспрепятственно пройти по чужому двору, созерцая особенности местной застройки или просто сокращая время достижения цели. Понятие сервитут в российском градостроительстве также имеется, но в части огораживания дворовых пространств никак не используется. Объединение «общих» дворовых пространств с общественными способно сформировать единый пешеходный и

зеленый каркас города. Подобное решение может применяться и в исторических центрах городов с усадебной застройкой. Связывая территории усадеб в единую пешеходную, туристическую цепочку, становится возможным вдохнуть новую жизнь в деградирующие территории, представляющие культурную ценность.

Предполагается, что регулирование системы торгового обслуживания, благоустройство общественных пространств и более активное включение дворовых территория в городскую ситуацию способны создать комфортную городскую среды, способствующую прогрессивному развитию человека, инфраструктур городского пространства и города в целом.

### Библиографический список

1. Фромм Э. Революция надежды. Избавление от иллюзий. / Перевод с англ.; Предисловие П. С. Гуревича. — М.: Айрис-пресс, 2005. — 352 с. — (Человек и мир). ISBN 5-8112-1345-Хы
2. Мельников, М. В. Хотелось бы изолироваться, конечно. (опыт контент-анализа форумов сайта vdolevke. Ru. ) / URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/hotelos-by-izolirovatsya-konechno-opyt-kontent-analiza-forumov-sayta-vdolevke-ru> (дата обращения: 30.04.2017)
3. Соклов-Митрич, Д. Заборобой. Что такое "сюда нельзя!" и как с этим бороться// Русский репортер. 2013. №48. С22-31
4. Benjamin, R. The gated community mentally // The New York Times: march 29, 2012
5. Гейл, Я. Москва - на пути к лучшему городу для людей / URL: <http://www.strelka.com/ru/videos/event/2013/07/15/jan-gehl-moscow-towards-a-great-city-for-people> (дата обращения: 30.04.2017)
6. Morar, T. Bertolini, L. (2013) / Planning for pedestrians: A way out of traffic congestion / Procedia - Social and behavioral sciences 81 (2013) 600-608
7. Хриченков, А. В. Зоны влияния городских центров повседневного и периодического обслуживания / А. В. Хриченков, В. Г. Шауфлер // Академический вестник УралНИИПроектРААСН. Екатеринбург: УралНИИПроектРААСН, 2012, №1.
8. Zentrenkonzept des Bezirkes Pankov von Berlin Abteilung Stadtentwicklung.- Berlin, 2005.- 30.
9. Zentrenkonzept für den Einzelhandel der Stadt Bad Homburg v.d. Höhe Fachbereich Stadtplanung, 2005.
10. Zentrenkonzept für die Universitätsstadt Heidelberg. GMA, Ludwigsburg, März 2006.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ОБЕСПЕЧЕНИЕ МИКРОКЛИМАТА В КУПОЛЬНЫХ ДОМАХ**

*Ялаева А. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, alina\_yalaeva@mail.ru

*Ширяева Н. П.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, npshiryaeva@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматриваются особенности проектирования систем жизнеобеспечения в сферических домах, определяются факторы, влияющие на их энергоэффективность. Уделяется внимание основателям методов сооружения сферических домов, а также их последователям. Описываются используемые конструкции и материалы, используемые при конструировании сферических домов. Анализируются особенности проектирования конструкции купола. Систематизированы возможные способы отопления и вентиляции, наиболее применимые в купольных домах. Раскрываются особенности проектирования систем пассивного отопления и вентиляции на основе возобновляемых источников энергии.

**Ключевые слова:** сферический дом, геодезический купол, пассивное отопление, энергия солнца, эффект Бернулли, Стена Тромба-Мишеля, ориентированные окна, естественная конвекция.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **PROVIDING THE MICROCLIMATE IN DOME HOUSES**

*Yalaeva A. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, alina\_yalaeva@mail.ru

*Shiryayeva N. P.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, npshiryayeva@yandex.ru

**Abstract.** This article aims to consider the features of designing life support systems in spherical houses and to find out why these houses are the most energy efficient in comparison with traditional ones. Attention is paid to the founders of building methods of a spherical house and their followers. The structures and materials used in designing of spherical houses for the first time and nowadays are described. The features of the dome designing are analyzed. The possible ways of heating and ventilation are systematized. The features of designing of passive heating and ventilation systems using renewable energy sources are disclosed.

**Key words:** spherical house, geodesic dome, passive heating, solar energy, Bernoulli effect Trombus-Michel wall, oriented windows, natural convection.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



При строительстве загородного дома каждый владелец задумывается не только о дальнейшем комфорте проживания в этом доме, но и об экономичности. С каждым годом возрастает стоимость электроэнергии, отопительных ресурсов, поэтому так важно строительство именно энергоэффективного дома. На сегодняшний день одними из самых экономичных домов считаются сферические.

В 1919 году доктор Вальтер Бауэрсфельд в Йене (Германия) [5] завершил строительство полусферического купола как копию неба для планетария. Он отрезал вершины сильно поделенного икосаэдра таким образом, что новая поверхность состояла из 12 пяти- и 20 шестиугольников, расположенных на больших кругах.

Затем Бауэрсфельд привлек компанию «Dyckerhoff and Wydman», лидера в производстве армоцемента, для того, чтобы покрыть купол сферы несколькими тонкими слоями цемента (рис. 1), для формирования гладкой поверхности, которая затем была покрыта белой краской.



Рис. 1. Строительство первого купольного (геодезического) дома

Так Бауэрсфельд построил первый в мире бетонный купол с легкой тонкой оболочкой и создал первый купол, состоящий из геометрических фигур.

Бакминстер Фуллер, американский архитектор и инженер, развил концепцию купола [4] и стал известен как давший имя "геодезический" этому типу многогранного купола. В 1951 году Фуллер запатентовал метод сооружения сферической поверхности путем деления ее на треугольники, так как треугольник является единственной от природы жесткой структурной конфигурацией. Применение их в комбинации делает геодезический

дом прочнее и легче. Таким образом, данная система сооружения является самой эффективной разработкой на сегодняшний день (рис. 2).

Фуллер доказал, что купол обладает большой несущей способностью, причем, чем больше купол, тем она выше. Также он предложил использовать внутри купола отражающие материалы, которые фокусируют тепловое излучение в центр дома, за счет чего такие постройки были признаны энергоэффективными [3].



Рис. 2. Современный «геодезический» дом

Большой вклад в развитие купольных домов внес российский архитектор В.Н. Гребнев, основатель фирмы ЗАО ТО «Грифон», разработавший концепцию биоэкополисов «Архитектура ноосферы» [4].

Архитектор планирует возводить сферы из самых современных материалов: полистиролбетона, аэролита и пеносиликальцита. На заранее сваренную арматуру заливается готовая форма. По расчетам В. Н. Гребнева, дом площадью около 200 м<sup>2</sup> можно будет возвести всего за 2–3 месяца. Такой дом будет обладать характеристиками, необходимыми современному человеку – энергоэффективностью и экологичностью. Бесшовная конструкция не теряет тепло, альтернативная энергетика поможет снизить вредные выбросы и, как следствие, нагрузка на окружающую среду окажется минимальной.

Строение сферического дома представляет собой единую конструкцию, которая является и крышей, и стенами. Параметры элементов такой конструкции должны быть строго определены расчетом. Радиус купола в виде полусферы равен высоте подкупольного

пространства. Внутреннее пространство может быть одно-, двух- или трехэтажным. Например, диаметр, равный 8 м, позволяет устроить под куполом только один этаж площадью около  $50 \text{ м}^2$ . Чтобы получить два уровня помещений (рис. 3) только под куполом, потребуется полусфера диаметром не менее 12 м, при этом площадь нижнего этажа составит  $100 \text{ м}^2$ , второго –  $50 \text{ м}^2$ . Подходящий диаметр купола для индивидуального дома – 8–15 м.

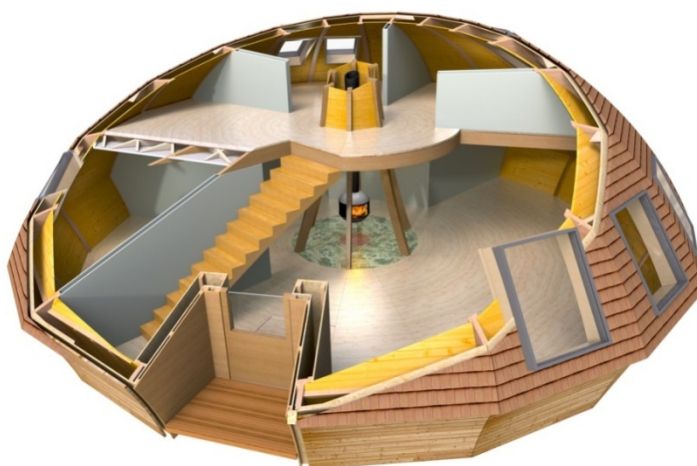


Рис. 3. Двухэтажный купольный дом

Любой проект купольного дома предусматривает пассивное отопление, использующее энергию солнца и эффект Бернулли.

В небольших одноэтажных сооружениях эффективной системой отопления может быть небольшая печь или камин, установленные ближе к центру купола. В качестве дополнительного отопления широкое распространение получила система теплых полов на первом этаже. В солнечную погоду зимой светопрозрачный купол, ориентированные окна и стена Тромба-Мишеля дадут дополнительное тепло внутреннему пространству дома.

Стена Тромба-Мишеля состоит из стеклянной стены, ориентированной на юг. Между стеклянной стеной и стеной дома, окрашенной в черный цвет, остается небольшое воздушное пространство. Солнечная энергия легко проходит сквозь стекло и накапливается в черной стене. Нагретый воздух в пространстве между стеклом и стеной начинает подниматься. В стене здания, огороженной стеклом, проделаны два отверстия – вверху и внизу, благодаря которым теплый воздух циркулирует в пределах жилого помещения, создавая эффект термосифона.

В холодную ночь может идти обратный процесс, поэтому отверстия в стене следует закрывать, а между стеклом и стеной опускать термоизоляционную штору. Летом стена Тромба-Мишеля действует в обратном порядке – охлаждает и усиленно вентилирует

помещения дома. Обогрев и кондиционирование помещения идет без использования дорогих энергоносителей и сложных механизмов.

Для обеспечения микроклимата в купольных домах в качестве источника тепловой энергии предлагается использование солнечных коллекторов. При выборе места для их расположения необходимо учитывать ряд факторов [1]. Большое значение имеет правильная ориентация дома и устройство по сторонам света, а также угол наклона к линии горизонта. Дом должен быть размещен так, чтобы стена, на которой будет размещен элемент, была направлена на юг с небольшим – в 10–20 градусов, отклонением. Для эффективного использования солнечной энергии достаточно, чтобы любая сторона купола облучалась солнечными лучами с 9:00 до 15:00 даже в самый непогожий день. Следует учитывать особенности ландшафта – соседние постройки, деревья, рельеф, которые также защищают дом от слишком яркого солнца летом и холодных ветров зимой.

Доля солнечной радиации в удовлетворении энергопотребностей на отопление купольного дома колеблется от 100 % (в районах с максимальным уровнем солнечной радиации) до 40 % (в северных районах).

В качестве основного источника тепла для отопления и горячего водоснабжения возможно применение высокоэффективных солнечных вакуумных коллекторов в совокупности с бойлером – аккумулятором тепла. Этот же бойлер служит для приготовления горячей воды для санитарных нужд (ГВС).

Кратность воздухообмена в купольном доме составляет 0,5–0,8 час<sup>-1</sup>. Хорошая организация воздушных потоков в здании зимой является основой распределения полученного тепла по помещениям за счёт естественной конвекции. Её создают вертикальные воздушные потоки под куполом.

В прибрежных регионах и регионах со смешанно-влажным климатом требуется особый подход к системам вентиляции, пароизоляции и к выбору утеплителей. При перепадах от +20°C до +15°C и относительной влажности 90 % особо «блуждающая» точка росы не позволяет использовать «ватные» теплоизолирующие материалы.

Качество внутреннего воздуха значительно улучшается в результате применения грунтовых теплообменников и рекуператоров типа «воздух-воздух», которые удаляют влажный воздух и забирают чистый, сухой воздух снаружи, подогревая и очищая его.

Воздух входит через дно купола сквозь конусообразное отверстие в его основании и поднимается по мере нагревания солнцем. При этом насыщенный влагой теплый воздух из купола смешивается с теплым воздухом, вентилируемым внутри стен и отбирается для нагрева грунтового теплоаккумулятора, а затем выводится наружу. Кондиционеры в куполах не нужны, за них работает естественная конвекция и эффект Бернулли.

Купол имеет проветриваемое пространство с холодной стороны изоляции. Одновременное использование забора и выброса воздуха для вентиляции на чердаке и крыше способствует движению воздуха, стабилизирует «точку росы» и предотвращает появление конденсата на элементах крыши в любое время года [2].

Применение новейшей технологии непрерывного литья при возведении купола сферического дома, низкая трудоемкость его изготовления, ряд конструктивных особенностей, использование новых материалов с заданными свойствами, а также применяемые системы жизнеобеспечения выводят данную серию домов в разряд эконом-домов, обладающих высокой энергоэффективностью, экономичностью и экологичностью.

### **Библиографический список**

1. ТСН Энергетическая эффективность жилых и общественных зданий. Нормы по энергопотреблению и теплозащите [Текст]: Постановление Правительства Свердловской области от 12.11.2004 №1062 - ПП. – Екатеринбург, 2004г.
2. Фабер Т.Е. Гидроаэродинамика [Текст] / Пер. с англ. под ред. А.А.Павельева. – М.: Постмаркет, 2001. – 560 с.
3. Kupol Fullera (Fuller's dome). Available at: <http://www.sfera-grifona> (accessed 3 May 2017).
4. Arhitectura noosfery (Noosphera architecture) Available at: <http://geosota.ru/blog/fuller-dome> (accessed 3 May 2017).
5. Geodezicheskiy kupol (Geodesic dome) Available at: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Геодезический\\_купол](https://ru.wikipedia.org/wiki/Геодезический_купол) (accessed 5 May 2017).

**ЭКСПЕРТИЗА И УПРАВЛЕНИЕ В  
СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ**

**EXPERTISE AND MANAGEMENT  
IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY**



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**СОКРАЩЕНИЕ ПЕРИОДА  
ОКУПАЕМОСТИ ИНВЕСТИЦИОННО-  
СТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОЕКТОВ**

*Гусев Р. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, Roma\_gusev27@mail.ru

*Усков А. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Целью данной статьи является доказательство того факта, что сокращение периода окупаемости инвестиционных проектов в несколько раз повышает доход генерируемый проектом, и в целом повышает интерес и эффективность проекта. Приведены основные причины опозданий проектов и способы их устранения.

**Ключевые слова:** строительство, срок окупаемости, управление проектами



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **REDUCTION OF THE PAYBACK PERIOD OF INVESTMENT CONSTRUCTION PROJECTS**

*Gusev R. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, Roma\_gusev27@mail.ru

*Uskov A. Y.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** The purpose of this article is proof of the fact that a reduction in the payback period of investment projects in several times increases the revenue generated by the project, and generally increases the interest and efficiency of the project. The main reasons for delays of projects and how to resolve them.

**Key words:** construction, the payback period, project management.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Ни для кого не секрет, что период окупаемости играет особую роль при оценке и обосновании инвестиций в тот или иной проект. Но, как правило, основное внимание уделяется доходу и рентабельности, являющимися опорными характеристиками проектов.

Для начала рассмотрим, что же такое период окупаемости проектов. В литературе встречается множество трактовок этого понятия, но суть везде одинакова – это период времени который требуется для возврата вложенных средств в определенный проект, за счет получения доходов от деятельности и результатов [1].

Принятие решений об инвестициях того или иного проекта требует тщательного расчета и изучения бизнес-плана. Существует много показателей эффективности проекта, такие как:

- чистый дисконтированный доход;
- срок окупаемости;
- рентабельность собственных средств;
- внутренняя норма доходности;
- коэффициент экономической эффективности инвестиций и др. [2].

Принято считать, что прибыльность проекта – это самый главный и решающий фактор. Хотя время тоже немаловажный фактор, но, как правило, это второстепенный показатель.

Зачем сокращать срок возврата вложенных средств?

При завершении проекта (имеется в виду переход в фазу эксплуатации) раньше положенного срока, инвестор начинает получать доход раньше. Тем самым увеличивая рентабельность. Разницу чистого дисконтированного дохода с разными сценариями раннего окончания или опоздания можно не трудно высчитать, определив ставку дисконтирования. Из этого можно сделать вывод – опоздав хотя бы на три месяца компания будет нести огромные потери и ненужные затраты на содержание строительной площадки, дополнительные накладные расходы и т.д.

За счет сокращения времени исполнения реализации проекта соответственно растут затраты и (или) падает качество окончательной продукции. Чтобы не жертвовать качеством приходится платить. С одной стороны сокращение срока ведет только к увеличению капитальных вложений и удорожанию строительства, но при этом существует колоссальная отдача для инвесторов. Поэтому можно не экономить на подрядных организациях, а выбирать исходя из скорости и качества строительства.

Выясняется следующее – для большей прибыли от проекта нужно выполнять его как можно быстрее, при этом не потерять на качестве окончательной продукции. Поэтому выполнение проекта в поставленный срок – важнейшая задача.

Почему некоторые проекты не реализуются в срок?



Рис. 1. Взаимосвязь основных показателей в проектах [3]

### Причины опозданий проектов

1. При составлении календарных графиков, оценивается каждая определенная задача по времени. Срок исполнения, как правило, определяется с большой подстраховкой, чтобы вероятность выполнения задачи в срок была выше. В этом случае действует Закон Паркинсона – эмпирический закон, сформулированный историком Сирилом Норткотом Паркинсоном в его сатирической статье, напечатанной в британском журнале *The Economist* в 1955 году и позднее изданной вместе с его другими статьями в книге «Закон Паркинсона» (англ. *Parkinson's Law: The Pursuit of Progress*; Лондон, John Murray, 1958). Данный закон гласит, что «Работа заполняет время, отпущенное на неё».

2. Есть убежденность, что единственный способ защитить целое – это защитить срок завершения каждого элемента. Каждый отвечает за свою отдельную задачу, но о связях многочисленных звеньях в проекте никто не думает – все дело в мелочах.

3. Параллельное выполнение независимых заданий. Производительность работы уменьшается, соответственно время выполнения задач увеличивается. С одной стороны параллельность выполнения экономит время, но выполнение отдельных задач затягивается.

4. Проектная команда, отвечающая за сдачу объекта в срок, не представляет, сколько может потерять компания из-за опозданий [4].

Как же все-таки уберечь проект от опозданий, и сохранить, или увеличить, его доходность?

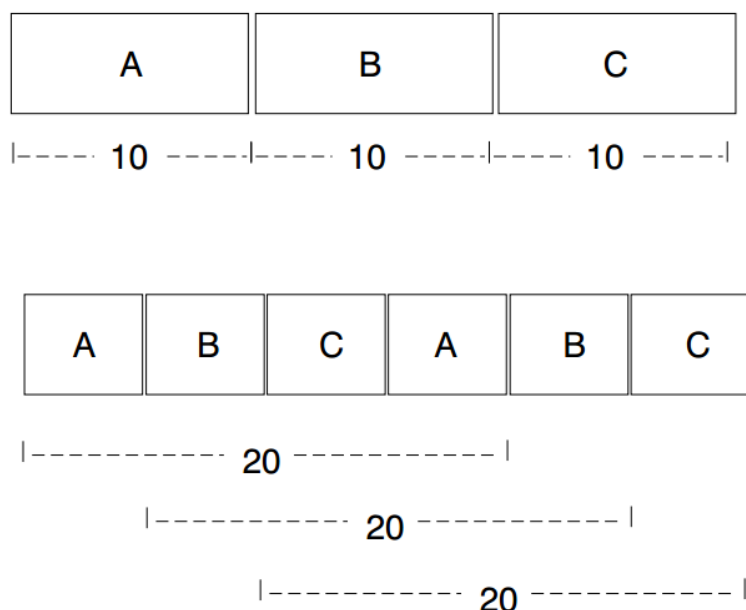


Рис. 2. Параллельное выполнение разных независимых задач

Свести к минимуму влияние перечисленных факторов.

1. При оценке времени выполнения задач и составлении календарного плана, ставить реальные оценки с небольшой подстраховкой. А при согласовании ППР с подрядной организацией правильно ее мотивировать, так как если сохранить эффект раннего завершения проекта, доходность проекта соответственно будет выше. То есть, при определенной мотивации можно просто сократить время, отведенное на определенную задачу, не потеряв на качестве исполнения. Как известно в проекте колоссальное количество звеньев (действий, задач и работ), уменьшив продолжительность выполнения каждого звена, можно получить огромный выигрыш во времени.

2. Разбиение задач по приоритетам и исключение перепрыгивания от одного к другому. Только сфокусированное исполнение.

3. Информирование участников проекта о важности исполнения задач в срок.

В заключении хочется сказать следующее, инвестиции – это не просто определенная денежная сумма, это капитальные вложения в проект с целью извлечения прибыли. А любые проекты напрямую связаны со временем реализации, поэтому измерять инвестиции логичнее относительно срока возврата средств, например – руб./год, или руб./мес.

Далее в статье приведены расчеты чистого дисконтированного дохода инвестиционно-строительного проекта жилого дома в г. Екатеринбурге, с целью фиксирования того факта, что ранний срок сдачи объекта приводит к генерированию большего дохода.

Краткая характеристика проекта – многоэтажный жилой дом со встроенными помещениями общественного назначения и подземной одноуровневой автостоянкой. Общее количество этажей 27: 26 наземных и 1 подземный. Состоит из железобетонного монолитного каркаса с заполнением из кирпича.

Срок строительства – 7 кварталов. В первом случае рассматривается окончание строительства в положенный срок, а во втором окончание на три месяца раньше. В расчет включена прибыль от реализации квартир. Дополнительный доход от аренды, или продажи офисных помещений и парковочных мест не рассматривается.

По результатам сравнения и анализа можно сказать, что доход при раннем окончании сдачи строительного объекта увеличивается в 1,45 раза (см. табл. 1, 2).

### **Описание объекта**

1. Общая площадь жилого дома – 13583,7 м<sup>2</sup>.
2. Полезная площадь объекта – 10245+204 м<sup>2</sup>.
3. Общая площадь помещений общего пользования – 3542,7 м<sup>2</sup>.
4. Количество этажей – 1 подземный, 26 наземных.
5. Количество секций – 1.
6. Площадь озеленения – 3238 м<sup>2</sup>.
7. Площадь детских площадок и площадок отдыха – 1700 м<sup>2</sup>.
8. Площадь тротуаров – 400 м<sup>2</sup>.
9. Площадь проездов – 1600 м<sup>2</sup>.
10. Площадь ограждения территории – 3238 м<sup>2</sup>.
11. Протяжённость внеплощадочных сетей:
  - протяжённость теплотрассы – 270 м;
  - протяжённость ХВС – 123 м;
  - протяжённость канализации – 85 м;
  - протяжённость линий электроснабжения – 150 м;
  - протяжённость линий сетей связи – 54 м.
12. Количество квартир – 184:
  - 1-комнатные – 92 шт/3551,2 м<sup>2</sup>;
  - 2-комнатные – 69 шт/4384,5 м<sup>2</sup>;
  - 3-комнатные – 23 шт/2309,2 м<sup>2</sup>.
13. Площадь нежилых помещений – 204 м<sup>2</sup>.
14. Конструктив:
  - фундаменты – монолитные железобетонные плиты толщиной 450 мм и 1100 мм;

- стены – газозолобетонные блоки, кирпич;
- перекрытия – монолитный железобетон;
- кровля – безрулонная.

15. Сумма инвестиционных вложений – 536 794 000 рублей.

16. Срок начала строительства – 2 квартал 2016.

17. Срок сдачи – 4 квартал 2017.

Таблица 1

## Расчет чистого дисконтированного дохода со сроком реализации проекта в 8 кварталов

Остаток задолженности по кредиту	Кредит (20%)	Собственные средства	Потребность в финанси- ровании	Кап. вложения	Выручка	Показатели	2016				2017				2018			Всего																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
							2 квар- тал	3 квар- тал	4 квар- тал	1 квар- тал	2 квар- тал	3 квар- тал	4 квар- тал	1 квар- тал																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
		17 793	17 793	17 793	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												

ЧДД	Коэффициент дисконтирования	Чистый доход	Оплата кредита	Чистая прибыль	Налог на прибыль (20%)	Прибыль\убыток к накопленным эффектом	Прибыль до налогообложения	Оплата процентов по кредиту	Показатели	
									2 квар-тал	3 квар-тал
-17 430	0.9796	-17 793		-17 793		-17 793	-17 793		2016	
-17 074	0.9596	-17 793		-17 793		-35 585	-17 793			
-16 725	0.9400	-17 793		-17 793		-53 378	-17 793			
-16 384	0.9208	-17 793		-17 793		-71 171	-17 793			
-16 050	0.9020	-17 793		-17 793		-88 963	-17 793			
-15 722	0.8836	-17 793		-17 793		-106 756	-17 793			
-14 092	0.8656	-16 280		-16 280		-123 036	-16 280			
-13 805	0.8479	-16 280		-16 280		-139 317	-16 280			
-13 523	0.8306	-16 280		-16 280		-155 597	-16 280			
-808	0.8137	-993		-993		-156 590	-993			
-792	0.7971	-993		-993		-157 584	-993			
-776	0.7808	-993		-993		-158 577	-993			
0	0.7649	0	13 287	13 287		-145 290	13 287	936		
0	0.7493	0	13 509	13 509		-131 781	13 509	714		
0	0.7340	0	13 734	13 734		-118 047	13 734	489		
31 956	0.7190	44 446	15 604	60 050	-14 499	-72 496	45 551	260		
36 024	0.7043	51 148		51 148	-5 337	-26 685	45 811			
28 968	0.6899	41 986		41 986	3 825	19 126	45 811			
21 340	0.6759	31 575		31 575	7 894	58 595	39 469			
20 905	0.6621	31 575		31 575	7 894	98 064	39 469			
20 478	0.6486	31 575		31 575	7 894	137 533	39 469			
21 538	0.6353	33 901		33 901	8 475	179 909	42 376		2018	
21 098	0.6224	33 901		33 901	8 475	222 285	42 376			
20 668	0.6097	33 901		33 901	8 475	264 661	42 376			
79 796									Всего	



[illegible]

Рентабельность собственных средств 74,75 %

Рентабельность капитальных вложений 16,02 %

Таблица 2

### Расчет чистого дисконтированного дохода со сроком реализации проекта в 7 кварталов.

[illegible]

Ставка дисконти- рования	ЧДД нарастающи м итогом	ЧДД	Коэф. диск онтиро- вания	Чистый доход	Оплата кредита	Чистая прибыль	Налог на прибыль (20%)	Прибыль\ убыток накопленным эффектом	Прибыль до налого- обложени я	Оплата процентов по кредиту	Показа- тели	2016			2017				2018			Всего																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
												2 квар- тал	3 квар- тал	4 квар- тал	2 квар- тал	3 квар- тал	4 квар- тал	2 квар- тал	3 квар- тал																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0.25	-17 430	-17 430	0.979592	-17 793		-17 793		-17 793	-17 793				-17 793	-17 793	-17 793	-10 943	-10 943	-10 943	-10 943	-10 943																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

Рентабельность собственных средств 134,45 %

Рентабельность капитальных вложений 23,26 %

Вывод: для данного проекта, сокращение сроков реализации на 3 месяца приводит к увеличению дохода всего проекта на 36,11 млн. руб.

### **Библиографический список**

1. Бовтеев С. В. Основы управления инвестиционно-строительными проектами: учеб. пособие / С. В. Бовтеев. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013.
2. Никонова И.А. Проектный анализ и проектное финансирование: монография. М., 2012.
3. И. И. Мазура и В. Д. Шапиро. Управление проектами – М.: Омега-Л, 2010.
4. Голдратт, Элияху М. Критическая цепь / Элияху М. Голдратт; Пер. с англ. – Москва: ТОО Центр, 2006.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ПУТИ РЕКОНСТРУКЦИИ ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ И ВЛИЯЮЩИЕ ФАКТОРЫ**

*Зайнакаева Н. Э.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, natalka360@mail.ru

*Ямов В. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, stroypolytech@gmail.com

**Аннотация.** В статье приводится анализ основных путей и факторов, влияющих на реконструкцию жилой застройки. Реконструкция зданий и сооружений является одной из наиважнейшей проблемой развивающегося города и его инфраструктуры. Она помогает поддерживать современный архитектурный облик города, высокий уровень условий жилья и уровень комфорта. Главное в реконструкции городской среды – повышение надежности и долговечности зданий, срок службы которой превысил первоначальный расчетный период эксплуатации. Особое внимание уделено основным методам путей реконструкции серийных жилых зданий. Так же составлена подробная схема, наиболее значимых факторов, влияющих на реконструкцию жилой застройки. Сделаны следующие выводы, что реконструкция жилых домов первых массовых серий позволит превратить их из морально и физически устаревших в современные, высококомфортные здания с условиями проживания.

**Ключевые слова:** реконструкция, жилая застройка, жилищный фонд, капитальный ремонт, пристройка, надстройка.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **THE WAY OF RECONSTRUCTION OF RESIDENTIAL BUILDINGS AND THE INFLUENCING FACTORS**

*Zaynakayeva N. E.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, nataalka360@mail.ru

*Yamov V. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, stroypolytech@gmail.com

**Abstract.** The article provides an analysis of the main ways and factors affecting the reconstruction of residential buildings. Reconstruction of buildings and structures is one of the most important problem of the developing city and its infrastructure. It helps to maintain the modern architectural appearance of the city, the high level of housing conditions and the level of comfort. The main thing in the reconstruction of the urban environment is the increase in the reliability and durability of buildings whose service life exceeded the initial estimated period of operation. Particular attention is paid to the main methods of reconstruction of serial residential buildings. The detailed scheme of the most significant factors influencing the reconstruction of residential buildings is also drawn up. The following conclusions are made that the reconstruction of residential houses of the first mass series will make them morally and physically obsolete in modern, highly comfortable buildings with living conditions.

**Key words:** reconstruction, residential development, housing stock, overhaul, extension, superstructure.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Расселение граждан из ветхого и аварийного жилищного фонда города Екатеринбурга до сих пор остается одной из важнейших проблем жилищно-коммунальной реформы, в которой участвует муниципальное образование «город Екатеринбург».

Капитальный ремонт, существующего жилого фонда, в соответствии с Региональной программой капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах Свердловской области на 2015–2044 годы, утвержденной Постановлением Правительства Свердловской области от 22.04.2014 № 306-ПП, и текущему содержанию жилищного фонда не останавливает рост ветхого и аварийного жилья по причине его прогрессирующего обветшания и износа [1].

Из сложившейся структуры жилищного фонда города и степени его физического износа рождаются две основные проблемы. Первая – это реконструкция и модернизация старого жилого фонда, особенно домов первого десятилетия индустриального строительства. Вторая - это капитальный ремонт жилых зданий в рыночных условиях.

Современные методы реконструкции позволяют переустраивать серийные жилые здания, известных как «хрущевки» и «брежневки», в комфортабельное жилье, соответствующим современным нормам. Например, одна из схем реконструкции основана на том, что каждая квартира занимает на фасаде определенный участок. Для него проектируется лоджия (ячейка), несущая способность которой обеспечивается балконными плитами, а также консольной пространственной плитой или рядом ферм из металлопроката. Для этого подойдет стальная квадратная труба небольшого сечения (см. рис.1). Такая же труба используется для стоек крепления ограждающих конструкций и раскосов с целью обеспечения жесткости. Вес металлоконструкций одной ячейки небольшой. Металлоконструкции крепятся к наружной стене. Под наращиваемые наружные стойки устраивается фундамент на уровне планировки.

Кроме того, для выравнивания ячеек по горизонту надо установить по периметру здания буронабивные сваи под металлические стойки с домкратами.

Возможность такой реконструкции обосновывается проверочными расчетами ограждающих конструкций на дополнительные нагрузки от консольных объемов и несущую способность основания.

В результате реконструированный объект получается как бы одетым в цельный конструктивный колпак, когда объемные консоли-лоджии возможно расположить с разных сторон.

В результате жилая площадь квартир увеличивается на 30–50 %. За счет данного решения, каждая квартира получает еще одну или несколько изолированных комнат. [2,

С. 39 –40] По желанию собственников в здании можно надстроить дополнительные этажи. С конструктивной точки зрения здесь нет ничего нового, есть готовые типовые решения.

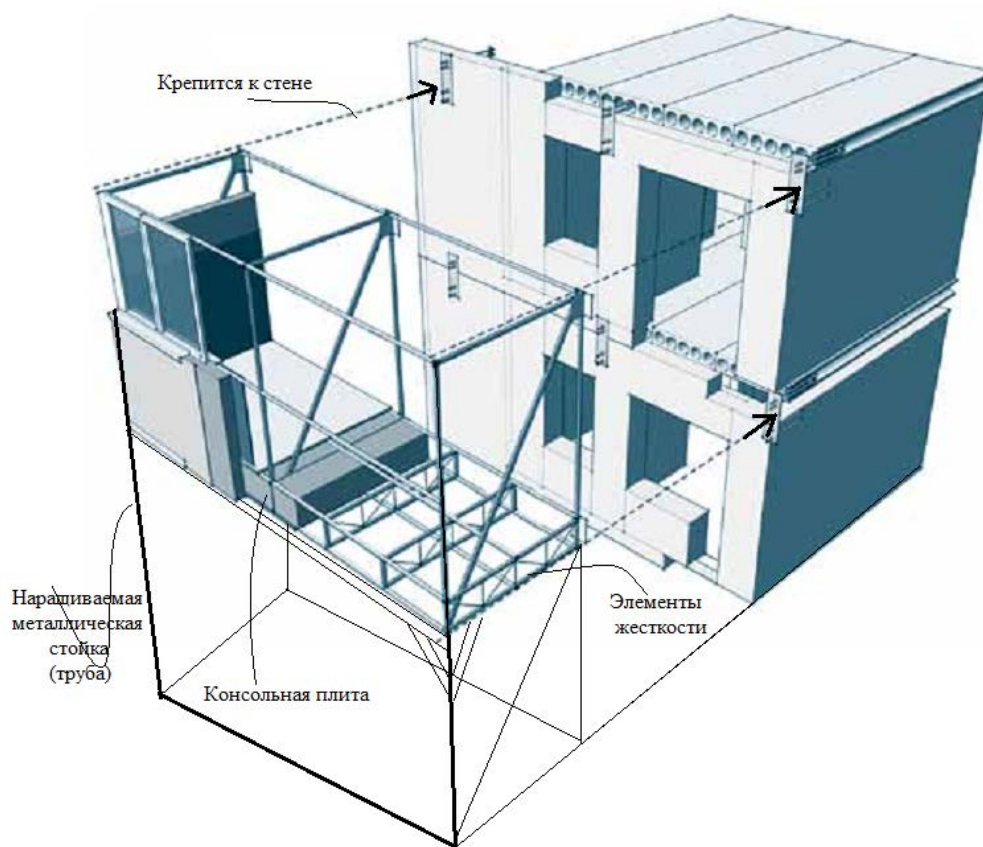


Рис. 1. Пристрой в виде лоджии (ячейки)

Другой вариант реального пути реконструкции является надстройка мансардными этажами одновременно с утеплением наружных стен, а также радикальная перепланировка внутренних помещений. Основу унифицированного конструктивного решения мансардных этажей составляют поперечные двухпролетные рамы, которые опираются на несущие элементы существующей части здания (см. рис. 2). Средние стойки и продольные связи возможны в обоих вариантах. Стойки рам будут опираться на несущие конструкции существующей части здания. На них придется устроить монолитный железобетонный пояс высотой 200 мм – как бы фундамент мансардного этажа. Этот пояс жестко свяжет в горизонтальной плоскости продольные и поперечные стены и перекрытия.

Планировка помещений мансарды определяется внутренними перегородками.

Перекрытия набирают по деревянным прогонам, расположенным с шагом 600 мм. Сами же прогоны опираются на стальные или клеёные деревянные ригели рам. И в перекрытиях широко используется минеральная вата и гипсокартон.

Устройство мансардных этажей при реконструкции пятиэтажек предусматривает два принципиальных подхода к производству работ:



- разборку существующей крыши и использование чердачного перекрытия здания в качестве междуэтажного перекрытия в мансарде (такой вариант подходит для зданий с чердачной крышей и наружным водостоком);
- установку перекрытий мансарды над существующей бесчердачной крышей и усилением конструкций покрытий.

В отдельных случаях производство работ по реконструкции пятиэтажек можно проводить без отселения жильцов. Для этого с торца здания ставят строительно-пассажирский подъемник для подъема рабочих и материалов. Для установки несущих рам для мансарды используют либо специальные легкие краны грузоподъемностью 300–500 кг, либо даже ручные лебедки. Можно для возведения мансарды использовать наружные леса. Они, кстати, потребуются и для устройства утепления наружных стен. На лесах теперь часто устраивают временное защитное покрытие от дождя и снега над реконструируемой секцией – и грязи меньше, и работать удобнее.

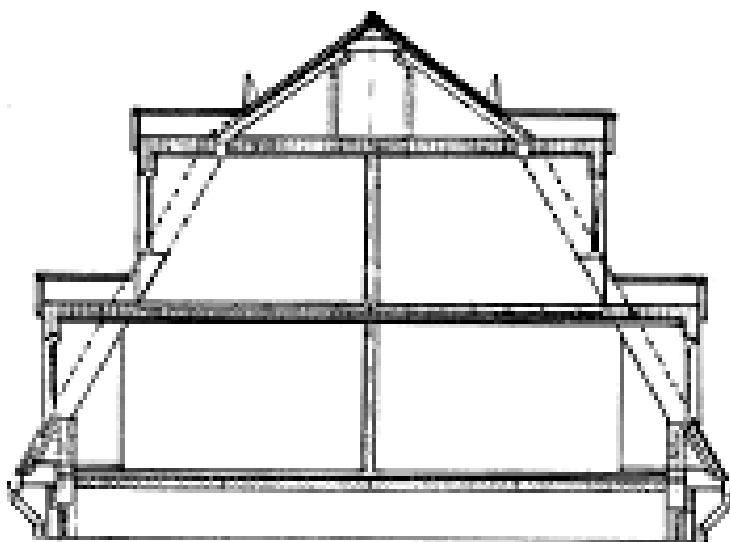


Рис. 2. Надстройка мансардным этажом

Ну и наконец, может быть решена проблема лифтов. Сейчас практически освоено производство "навесных" лифтов. Их можно относительно быстро смонтировать на наружной части здания. [3, С. 16–20].

Особенностью реконструкции центров крупных городов является требование максимального возможного сохранения сложившейся жилой застройки, пригодной к дальнейшей эксплуатации.

Как правило, реконструкционные работы считаются рентабельными, если затраты на их проведение не превышают 70 % стоимости нового здания, если конечно это не реконструкция зданий, являющихся историческими или архитектурными памятниками.

Удельный вес реконструкции серийных жилых зданий составляет 50–60 %. Другие затраты связаны с устранением морального износа и решением главной задачи – улучшением условий проживания. Реконструкция необходима, так как она дает возможность не только улучшить качество квартир, но и увеличить плотность застройки, что чрезвычайно значимо в условиях дефицита свободных городских территорий.

Стоит отметить, что в первую очередь оценивается экономический аспект реконструкции. Но кроме стоимости, влияют и другие факторы. Поэтому в данном исследовании можно привести более подробную схему факторов (см. рис. 3), влияющих на реконструкцию.

При учете всех этих перечисленных факторов возникают определенные сложности, так как не все они проявляются в денежных показателях, а получение по ним исходных данных требует значительных затрат и занимают много времени.



Рис. 3. Факторы, влияющие на проведение реконструкции

Таким образом, вполне реально представить, что реконструкция жилых домов первых массовых серий позволит превратить их из морально и физически устаревших в современные, высококомфортные здания с хорошими условиями проживания. Необходимо более бережного относиться к старой застройке, ведь она является весомой долей в жилищном фонде городов. Чрезмерный снос при реконструкции зданий, пригодных к

проживанию, тормозит прирост жилой площади в городах, поэтому он должен быть уменьшен.

Главная причина, замедляющие объемы реконструкции, является отсутствие инвестиций, а зарубежная практика в финансовом участии жильцов практически не приживается в наших условиях из-за социального положения граждан, обладающим невысоким доходом. Также, нормативная база, регламентирующая производство такого рода работ без отселения жильцов и юридическая основа взаимоотношений между всеми участниками работ (жильцами, заказчиками, инвесторами, эксплуатирующими организациями) тормозят подобные проекты.

### **Библиографический список**

1. Официальный портал Екатеринбурга «Переселение из ветхого и аварийного жилищного фонда» [Электронный ресурс]: [http://екатеринбург.рф/официально/документы/постановления/п\\_2014/2194](http://екатеринбург.рф/официально/документы/постановления/п_2014/2194)
2. Метляев Г.Г. Реконструкция повысит качество жилья:// Стройкомплекс Среднего Урала – 2015. - № 11 (193) – С.39-40
3. Окландер А. Новая жизнь старых пятиэтажек:// Журнал наука и жизнь – 2000 - №8 - С.16-20
4. Ершов К.Ф. Гидрофобизация опорных конструкций причальных сооружений // материалы научного форума с международным участием. Инженерно-строительный институт. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та. 2015. – 307 с.
5. Шихов А.Н. Реконструкция гражданских и промышленных зданий – Пермь 2012

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ  
УПРАВЛЕНИЯ ЖИЛОЙ  
НЕДВИЖИМОСТЬЮ В РОССИИ ДЛЯ  
ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЖИЛИЩНЫХ  
УСЛОВИЙ НА ОСНОВЕ ОПЫТА  
ЕВРОПЕЙСКИХ СТРАН**

*Каржавкина Д. Д.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, kadade@bk.ru

**Аннотация.** В статье исследуется влияние системы управления объектом жилой недвижимости на условия проживания людей и качество их жизни. Проведен анализ систем управления жилой недвижимостью в европейских странах: Франции, Финляндии, Польше и Германии. Показано, что модернизация системы управления объектами жилой недвижимости в России сыграет важную роль в повышении качества ее функционирования. Разработаны необходимые меры по повышению эффективности системы управления жильем в России.

**Ключевые слова:** строительство; недвижимость; жилая недвижимость; модель управления; система управления; зарубежное управление; управляющая компания; товарищество собственников жилья.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**IMPROVING THE SYSTEM OF  
MANAGEMENT OF HOUSING IN RUSSIA  
FOR IMPROVING OF HOUSING  
CONDITIONS ON THE BASIS OF THE  
EXPERIENCE OF EUROPEAN COUNTRIES**

*Karzhavkina D. D.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, kadade@bk.ru

**Abstract.** This article examines the influence of a control system of residential property on the living conditions of people and their quality of life. The analysis of the management systems of residential real estate in European countries: France, Finland, Poland and Germany. It is shown that modernization of a control system of residential real estate in Russia will play an important role in improving the quality of its functioning. Developed the necessary measures to improve the effectiveness of the system of housing management in Russia.

**Key words:** construction; real estate; residential real estate; management model; management system; foreign management; managing company; homeowners association.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В настоящее время вопрос повышения качества жизни благодаря улучшению условий проживания играет важную роль для современных жителей мегаполисов и крупных городов. С каждым годом инфраструктура крупных городов развивается все активнее: застройка становится все плотнее, возводятся высотные бизнес – центры, многоуровневые подземные паркинги и т.д. Особую роль в развитии инфраструктуры города играют многоэтажные жилые комплексы, так как именно они занимают лидирующее место по вводу в эксплуатацию [1].

Жилищная сфера – подсистема социально-экономической системы. Данная сфера является основой экономического развития страны – за счет удовлетворения первичных потребностей в безопасности и жилище, повышения качества жизни населения, что влечет за собой активизацию трудовой деятельности, творческой и исследовательской инициативы [2].

Жилая недвижимость по праву занимает лидирующее место в ряду наиболее востребованных объектов недвижимости. При огромной скорости появления большого количества квадратных метров жилой недвижимости, уровень обслуживания объекта после ввода его в эксплуатацию не всегда качественный. Самой распространённой причиной низкого качества обслуживания объекта является не выполнение должным образом функций аппарата управления [1].

Сегодня жилищно-коммунальное хозяйство (ЖКХ) в регионах России испытывает трудности и сильно отстает от современных требований. Причинами этому являются:

- нехватка средств, выделяемых из бюджетов всех уровней;
- повсеместные неплатежи;
- несвоевременная оплата жилищно-коммунальных услуг населением [3].

Для решения задач по повышению качества жизни, благодаря улучшению условий проживания, важно изучить зарубежный опыт по управлению объектами жилой недвижимости. Это необходимо для того, чтобы повысить эффективность применения используемой модели управления на объекте в современных условиях [1].

Для людей, проживающих в объектах жилой недвижимости, основную роль играет качество управления моделью Facility management, так как целью данной модели является ведение объекта после ввода его в эксплуатацию и заселения жильцов.

Согласно [4] существует три формы профессионального управления объектами жилой недвижимости модели Facility management. Схематично изобразим данные формы управления (см. рис.).

На настоящий период жильцы всё чаще стали отказываться от услуг управляющей компании и создавать ТСЖ. Этому могут служить многие причины, одни из них: халатное отношение УК к обслуживанию объекта (несвоевременное выполнение необходимых работ,

отсутствие оповещения жильцов дома о насущных вопросах, принятие решений без согласования с собственниками дома); высокие тарифы за работу сотрудникам УК и закрытость её финансовой деятельности [1].



Рис. 1. Формы управления объектами жилой недвижимости

Проводимая в России реформа ЖКХ преследует основную цель - переложить бремя содержания своего жилища на собственника. Зачастую собственники квартир вынуждены поручить управление своей собственностью единственному лицу - дирекции застройщика, который, в свою очередь, передает управление своей дочерней организации- управляющей компании.

Таким образом, можно сказать о том, что на сегодня проблема ЖКХ полностью лежит на плечах управляющих компаний, которые подчистую не соответствуют современному и сложному рынку [5].

Одну из основных проблем управления жилым домом в России - повышение качества жилищных и коммунальных услуг – необходимо решать поэтапно, опираясь на европейский опыт эффективного управления многоквартирными домами и внедряя его в российскую практику в той мере, в какой это возможно.

Проанализировав европейское управление МКД, отметим, что в большинстве зарубежных стран управление в сфере ЖКХ рассматривается как отдельный вид предпринимательской деятельности, за которую управляющая организация получает вознаграждение от собственников помещений, а ответственность перед ними за содержание здания несет объединение собственников жилья.

Из таблицы видно, что все основные управленческие решения в европейских странах принимаются руководящими органами товарищества собственников жилья, в то время как управляющий готовит и обосновывает рекомендации для правления товарищества.

Таким образом, с учетом зарубежного опыта, представляется целесообразным повысить в России роль правления ТСЖ.



Сравнение систем управления объектами жилой недвижимости европейских стран

Показатели	Франция	Финляндия	Польша	Германия
Система управления ЖКХ	В ведении коммун – муниципальных устойчивых административно-территориальных единиц, обладающих большим количеством полномочий и обязанностей. [6]	1,4 миллиона домов объединены в 70 000 акционерных обществ – владельцев жилой недвижимости. 50 000 из них пользуются услугами управляющих компаний, 20 000 управляются самостоятельно.	Наиболее развиты ТСЖ.	Законодательством определены организационные принципы жилищных кооперативов, а именно: - внутренняя демократия, - экономическая поддержка членов кооператива, - самоорганизация и взаимопомощь, - солидарная ответственность и некоммерческая деятельность. [8]
Сфера деятельности	В ее ведении находятся вопросы по организации водоснабжения, канализации, вывоза и переработки бытовых отходов, технического обслуживания и освещения большинства улиц и дорог, работы городского транспорта, управления некоторыми социально-культурными учреждениями, обеспечение общественного порядка, безопасности и соблюдение санитарно-гигиенических требований. [6]	Всеми коммунальными системами владеет город. Горожане имеют право выбрать: у кого выгоднее покупать услуги. Исполнителей 80 % подрядных работ в сфере строительства и ЖКХ власти отбирают по конкурсу. Часть сложных работ, касающихся реконструкции инфраструктуры городских сетей, связанных с особым риском, осуществляют муниципальные организации. [7]	Товарищество оплачивает все услуги (отопление, водоснабжение, электроэнергия и т.д.), напрямую заключает договора с местными фирмами на оказание услуг по вывозке мусора, обслуживанию лифта или ремонту водопроводных кранов. При этом тарифы на услуги не могут быть произвольно завышены – они утверждаются органами государственной власти. [8]	В каждом многоквартирном доме есть управдом или домоуправление. В сферу их ответственности входят организационные вопросы по управлению домом. Если домоуправления нет, то все обязанности по решению вопросов оказания коммунальных и жилищных услуг, уборке снега и мусора ложатся на жильцов дома. [8]
Роль собственников	Представляют собой некоммерческую потребительскую организацию –	Пользуются услугами УК, либо создают объединение собственников	Представляют собой товарищество собственников жилья.	Любой гражданин Германии обязан вступить в товарищество вместе с

Показатели	Франция	Финляндия	Польша	Германия
	объединение собственников объектов недвижимого имущества или пайщиков, создаваемое с целью управления комплексом недвижимого имущества, обеспечения эксплуатации этого комплекса, владения, пользования и распоряжения имуществом. Собственники распоряжаются своим имуществом, используют каждую полезную площадь в своих интересах, если это не ущемляет права соседей. Также жильцы вправе надстраивать мансарды, строить на земле дома различные здания, разбивать клумбы и т. д. [6]	объектов недвижимого имущества.		приобретением квартиры в собственность, и ни один из собственников квартир не может отказаться от вступления в товарищество. [8]

Рынок жилищно-коммунальных услуг за рубежом формирует требования к управляющим компаниям, невыполнение которых делает их неконкурентоспособными. Прежде всего, это относится к страхованию управляющей компанией своей гражданской и материальной ответственности на случай нанесения ущерба собственникам жилья в результате неправильных действий управляющего. Страхование ответственности управляющих компаний развито в большинстве стран Европы и Америки.

За рубежом профессиональные сообщества управляющих предлагают различные образовательные курсы, как базовые, так и повышающие квалификацию. Обучение на таких курсах дает серьезные знания и практические навыки. Ведь подготовка специалистов по управлению жильем имеет большое значение для экономики страны.

Проанализировав опыт управления объектами жилой недвижимости европейских стран, можно выделить необходимые меры по повышению эффективности системы управления жильем в России, а именно:

- запретить на законодательном уровне застройщику передавать объект на управление своей дочерней управляющей компании, обязать застройщика проводить тендер на выбор УК собственниками помещений объекта;
- ввести обязательное страхование материальной ответственности управляющих компаний;
- перераспределить функции УК и ТСЖ: основные управленческие решения должны приниматься товариществом собственников жилья, а управляющая компания должна готовить и обосновывать рекомендации для правления товариществ.

Благодаря модернизации системы управления жилым многоквартирным домом, будут удовлетворены потребности людей в повышении качества их жизни. Ведь правильно выстроенная форма управления домом грамотно распределяет денежные и временные ресурсы на его содержание.

### **Библиографический список**

1. Каржавкина Д.Д. Применение современных моделей управления в сфере жилой недвижимости для повышения качества жилищных условий в крупных городах России на примере Свердловской области, Наука и просвещение, 2017, 256 с.
2. Родионова Н.В. Разработка инновационных подходов к управлению в жилищной сфере, монография, Проспект, 2016, 128 с.
3. Бажнов А.М. Развитие местного самоуправления как одного из институтов гражданского общества в современной России // Местное самоуправление — механизм реализации конституционности России: В 2 ч.— М.:, 2010.-Ч. 2. — с. 52–56.
4. Данные с обучения Moscow Business School в период с 25.04.2017 по 28.04.2017, по адресу г.Москва, Ленинский проспект, 38А, Кампус MBS.
5. Белькевич Н.Г. Современные проблемы ЖКХ и пути их решения управляющими компаниями муниципальных образований», Молодой ученый , 2015.
6. Великанов Н.А. Французский опыт ЖКХ // ЖКХ. 2008. - № 5. стр. 19.
7. Иванченко Е.Н. Финляндия: муниципальный сектор // ЖКХ. 2009. - № 7. стр. 86.
8. Плеханов А.С. Опыт стран ЦВЕ по управлению коммунальным хозяйством // Вопросы экономики. 2009. - № 7. стр. 46.

**ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
И «ЗЕЛЕНое» СТРОИТЕЛЬСТВО**

**ENERGY-EFFICIENT TECHNOLOGIES  
AND "GREEN" CONSTRUCTION**

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРОЕКТ РЕНОВАЦИИ ЖИЛЫХ ДОМОВ  
И ПРИДОМОВОЙ ТЕРРИТОРИИ В  
МАДРИДЕ С ПРИМЕНЕНИЕМ  
СОВРЕМЕННЫХ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ  
ТЕХНОЛОГИЙ**

*Ткачук К. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, reaktornano@mail.ru

*Бурухина О. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, olgaburuhina@mail.ru

*Мальцева И. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, i.n.maltceva@urfu.ru

**Аннотация.** Статья посвящена проекту реновации двух домов и придомовой территории в Мадриде (Испания) в рамках конкурса, организованного группой компаний Saint-Gobain и ISOVER (Франция-Германия). Проведен анализ существующей застройки, выявлено несоответствие зданий современным требованиям мультикомфортности и энергоэффективности. Реконструкция заключалась не только в разработке конструктивного решения тепловой оболочки здания, нацеленной на снижение энергозатрат на отопление в зимний период и кондиционирование летом, но и в создании комфортной зоны отдыха и общения жильцов данных зданий. При этом приоритетными оставались принципы ресурсосбережения, экономичности, применения возобновляемых источников энергии. На основе анализа предложены различные технологические решения, улучшающие зрительный и акустический комфорт, внутренний климат,

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

доступность для маломобильных групп, а также подготовлено экономическое обоснование проекта реновации.

**Ключевые слова:** реновация, ресурсоэффективность, пассивный дом, энергоэффективность, доступность, эксплуатируемая крыша, зеленые технологии, реконструкция.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **RENOVATION OF RESIDENTIAL HOUSES AND THE ADJACENT TERRITORY IN MADRID WITH THE APPLYING OF MODERN ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES**

*Tkachuk K. A*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, reaktornano@mail.ru

*Burukhina.O. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, olgaburuhina@mail.ru

*Maltceva I. N.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, i.n.maltceva@urfu.ru

**Abstract.** The article is devoted to the project of renovation of two houses and the adjacent area in Madrid (Spain) represented solution on the task of international student competition organized by Saint-Gobain and ISOVER (France-Germany). The analysis of the existing building has been hold, and it was found some inconsistencies to the requirements of multi-comfort house and energy efficiency. Reconstruction consisted of both construction solutions for the thermal envelope of buildings, aimed on reducing costs of energy for heating in winter and air conditioning in summer, and creation comfortable place for the rest and communication of residents of these buildings. At the same time, resource efficiency, retrenchment, use of renewable energy sources were the priority factors. On the basis of the analysis, various technological solutions are proposed to improve visual and acoustic comfort, the internal climate, accessibility for the low-mobility groups, and also economic justification for the renovation project the prepared economic justification for the renovation project.

**Key words:** renovation, Passive House, green technologies, energy efficiency, resource efficiency, comfort, reconstruction.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



Мультикомфортный дом средней этажности имеет беспредельные возможности развития. Даже, находясь в городской черте, он может совмещать экологичные условия проживания с удобными планировочными решениями и инфраструктурной доступностью.

Возведение новых мультикомфортных домов в мегаполисах затруднено в связи с плотностью застройки городских территорий, поэтому все больше внимания уделяется реконструкции уже существующих зданий с учетом современных норм и стандартов качества жизни. Один из таких проектов был предложен для разработки, в рамках международного конкурса, организованного международной корпорацией Saint-Gobain – Isover, на территории города Мадрид в Испании.

Четырехэтажные здания, подлежащие реконструкции были построены в пятидесятых годах прошлого столетия, Это секционные строения, в каждом из которых 3 подъезда. Между зданиями расположено внутреннее дворовое пространство, на территории которого располагаются постройки для хранения различной утвари жильцов. С южной стороны от зданий раскинулся небольшой парк, с северной стороны к зданию примыкает пешеходная зона и автомобильная дорога, а с запада и востока здания окружают жилые дома (рис. 1).

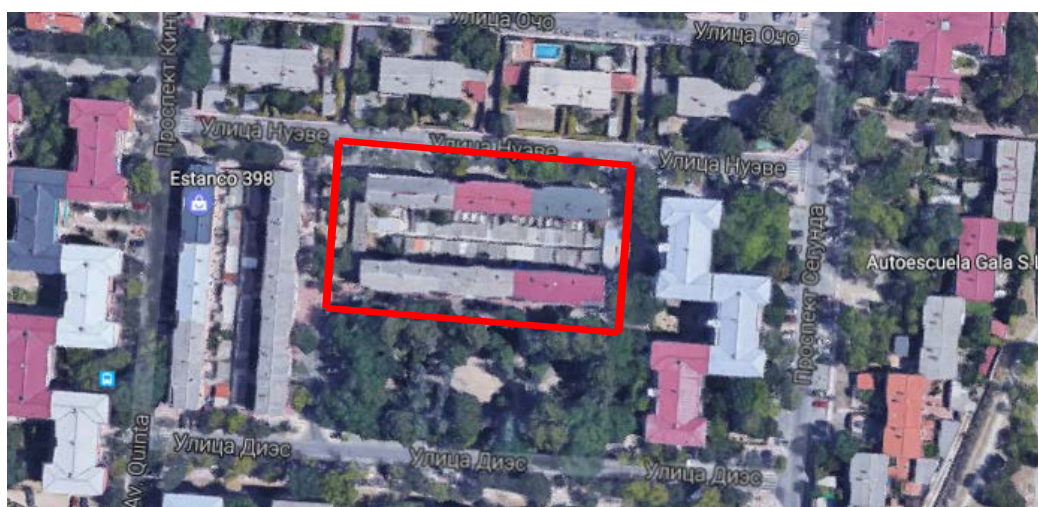


Рис. 1. Объекты реновации

Наружные стены выполнены из кирпичной кладки, стены подвала монолитные бетонные, перекрытия сборные железобетонные из плит-настилов.

Реконструкция зданий не предусматривает отселение жильцов во время ее проведения, Следовательно, выбираются только технологии, не существенно мешающие повседневной жизни резидентов.

Поскольку дома зеркально симметричны, для проработки проекта реновации мы выбрали только один из них. Полагая, что все расчеты равноценны для обоих зданий.

В основу предложенного проекта лег природный процесс роста дерева. Рассматриваемые здания ассоциировались у нас с саженцами деревьев, которые протянули

друг другу ветви – мосты дружбы между зданиями, со временем появилась единая крона – кровля (рис. 2).

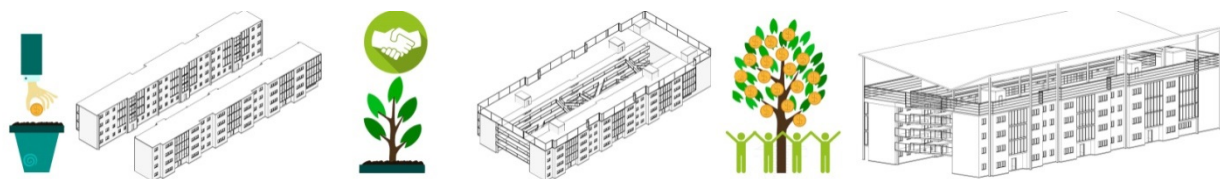


Рис. 2. Концепция проекта

В результате реконструкции дома должны стать более экологически и экономически интересными, отвечать требованиям мультикомфортного дома, т.е. необходимо обеспечить доступность для маломобильных групп населения, тепло-влажностный комфорт, постоянный приток воздуха, зрительный и акустический комфорт в течение всего года. Это позволит поднять спрос на данные дома на рынке недвижимости и привлечь как молодежь, так и людей в возрасте. Эко-стиль, в котором выполнен проект реконструкции, дополняется современными конструктивными, техническими и технологическими решениями (рис. 3).

В рамках проекта реновации принято решение превращения существующей плоской крыши в эксплуатируемую, на которой будут расположены детские игровые площадки, территории для спорта и зоны отдыха для жильцов дома. Доставлять их на крышу будет бесшумный лифт, расположенные в пристроенном помещении.



Рис. 3. Проект реновации

Над эксплуатируемой крышей возведен двухскатный навес. С эстетической точки зрения, двухскатная крыша с внутренним водоотводом выглядит достаточно современно, учитывая, что выполнена она с применением высокотехнологичных материалов. Учитывая, что в группе два дома, получается реализовать на крыше как зеленые зоны, так и площадки для активного тихого отдыха обитателей жилых домов (рис. 4).

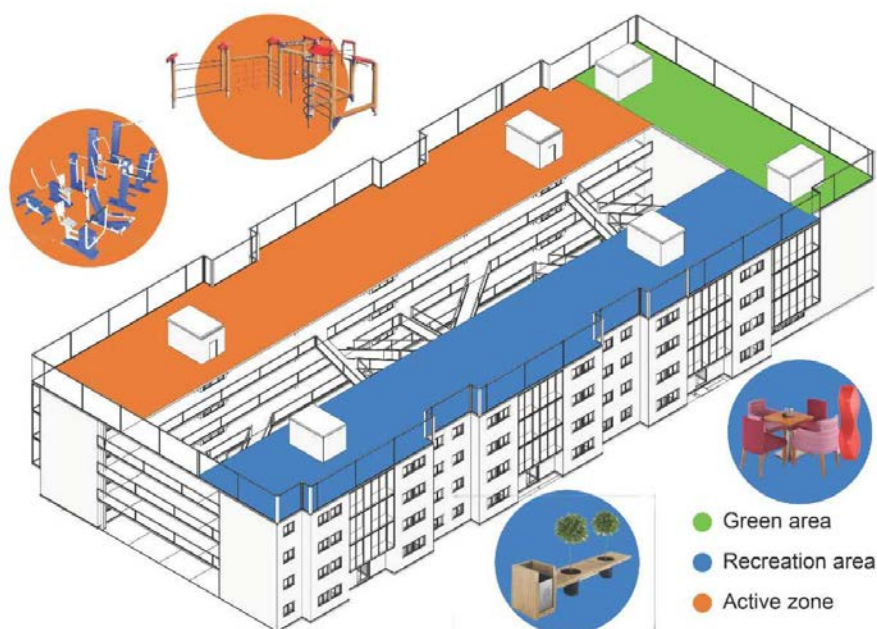


Рис. 4. Зонирование эксплуатируемой кровли

Благодаря крыше-навесу эксплуатируемая кровля защищена от осадков, перегрева и других природных явлений. Также поверхность данного сооружения будет покрыта свето-собирающей пленкой, которая работает по принципу солнечных батарей, а соответственно данное решение будет использоваться в качестве дополнительного источника энергии на обогрев, кондиционирование, освещение площадки в темное время суток.

Одной из проблем, которую необходимо решить в процессе реновации являлось наличие гаражных построек во дворе домов, которые занимали почти всю площадь дворового пространства. Для освобождения территории между зданиями запроектирован дополнительный, нежилой блок. Данный блок не только выполняет функцию модульного хранения утвари жильцов, с которой они не хотят расставаться, но и позволяет организовать доступ людей с ограниченными возможностями, так как в данном блоке будут установлены современные бесшумные энергоэффективные лифты, которые смогут доставлять жильцов на любой этаж здания и эксплуатируемую крышу. На первом этаже данного блока будут располагаться крытые парковки для двухколесных транспортных средств и технические помещения, с оборудованием повышающим энергоэффективность данного комплекса.



Новый комплекс зданий позволит оградить внутреннее пространство между домами и создаст видимость атриума, что является современным экологичным решением жилых и офисных зданий, направленных на повышение комфортности качества жизни населения.

Основной чертой данного проекта является внутреннее сообщение между домами и этажами. Для этого разработана целая система открытых мостиков, террас и лестниц, благодаря которым жители домов смогут быстро передвигаться между домами и этажами, что способствует решению социальной задачи – повышения общности и дружелюбности людей (соседей).

Для дополнительного естественного освещения производится увеличения оконных проемов и замена старых окон на более современные, а также применение полых трубчатых световодов (рис. 5) для помещений, ориентированных во двор.



Рис. 5. Трубчатые световоды

Системы Solatube Daylighting используют передовые технологии при изготовлении полых трубчатых световодов для естественного света в помещении. Дневной свет улавливается специальным куполом, установленным в стене и передается внутрь помещения по трубкам с очень высоким коэффициентом отражения. Внутри трубы предусмотрены солнечные батареи, которые будут собирать и хранить солнечную энергию для питания источника света в темное время суток. Специально разработанные рассеивающие линзы равномерно распределяют солнечный свет по всему помещению, создавая естественно освещенное пространство. Это техническое решение идеально сочетается с идеей устройства

дополнительной крыши и террасами, дополняя друг друга и усиливая комфортность среды обитания.

Практически ни одно энергоэффективное здание невозможно представить без солнечных панелей, раскладка которых представлена на рис. 6. В случае пассивного дома необходимо получить максимум энергии от возобновляемых источников энергии и обеспечить проникновение естественного света в атриум и на эксплуатируемую кровлю, а также их инсоляцию. Поэтому мы выбрали солнечные панели SunPower SPR-X21-345 с повышенным КПД. Предполагаемая выработка электроэнергии составляет 143 827 кВт-часов в год.

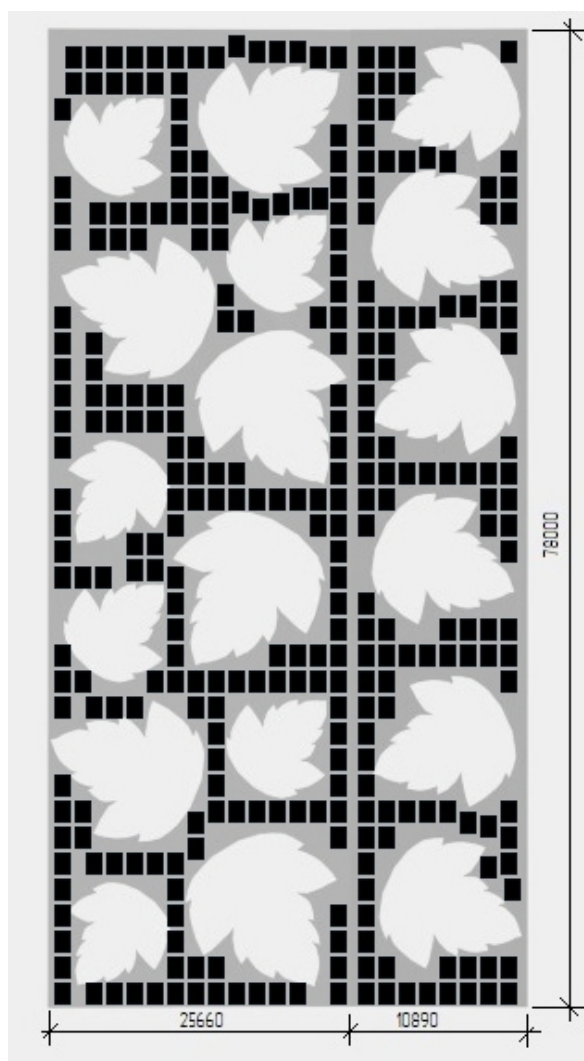


Рис. 6. Раскладка солнечных панелей

По сравнению с остальными регионами Испании, Мадрид расположен в холодном климате, поэтому необходимо устройство как защиты от холода зимой, так и защита от перегрева летом. Эта проблема решается с помощью организации теплоизоляции, предотвращающей нежелательный нагрев помещений через стены и крышу зданий. В рамках

реконструкции зданий необходимо утеплить наружные стены, стену между жилой частью здания и пристроем, перекрытие над неотапливаемым подвалом и эксплуатируемую кровлю, поскольку на данный момент теплоизоляция в проекте отсутствует. Кроме того, необходимо максимально снизить возможность появления мостиков холода и повысить воздухопроницаемость зданий. Все новые конструктивные решения должны строго соответствовать требованиям пожарной безопасности. Все эти задачи были решены в проекте с помощью применения тепло- и звукоизоляционных материалов марки ISOVER. При выборе тех или иных материалов мы опирались на узловые решения, разработанные международным институтом пассивного дома Passive House с применением материалов марки ISOVER. В проекте реновации мы использовали ISOVER-фасад для теплоизоляции наружных стен, ISOVER-классик – для теплоизоляции подвала, ISOVER OL-Тор и ISOVER OL-Ре – для кровли.

Для создания комфортной и современной внутренней среды для жильцов дома, особенно пожилых людей и семей с маленькими детьми большую роль играет должная степень звукоизоляции. Как известно, теплоизоляционные материалы так же обладают хорошими звукоизолирующими свойствами, таким образом, утепление контура частично решает проблему проникновения посторонних уличных шумов внутрь здания. Так же в проекте реновации для снижения распространения воздушного шума предусматривается звукоизоляция внутренних стен, перегородок и межэтажных перекрытий для исключения акустических мостов. В данном проекте мы использовали минераловатные плиты ISOVER-Флор для звукоизоляции межэтажного перекрытия (рис. 7, 3) и ISOVER «Звукозащита» – для межквартирных и межкомнатных перегородок (рис. 7, 4) для предотвращения распространения шумов внутри здания, а новые окна с тройным стеклопакетом SGG Planitherm (рис.7, 1) и конструкции стенового ограждения (рис.7, 2) защищают от внешнего шума.

Пожарная безопасность здания в целом обеспечивается безопасностью его элементов и конструкций. Одной из определяющих характеристик является огнестойкость конструкций. Все материалы, применяемые в проекте реновации, удовлетворяют стандартам EN.

В проекте используется естественная система вентиляции, базирующаяся на принципе климатического каскада. В верхней части здания находятся ветряные турбины, нагнетающие воздух в канал, проходящий через здание. Внутри канала воздух проходит через водяные струи. Далее распределитель направляет охлажденный воздух в помещения. В свою очередь нагретый воздух поднимается вверх по вытяжной трубе и выходит из здания (рис. 8).

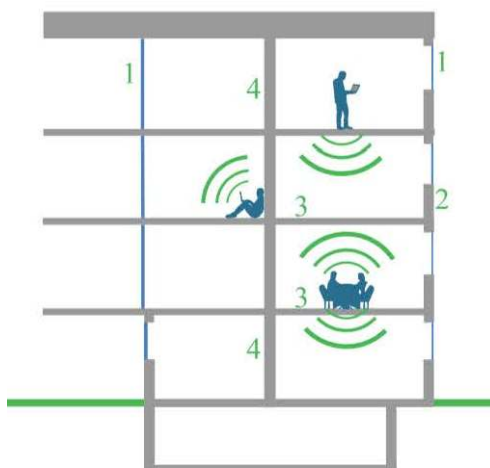


Рис. 7. Звукоизоляция

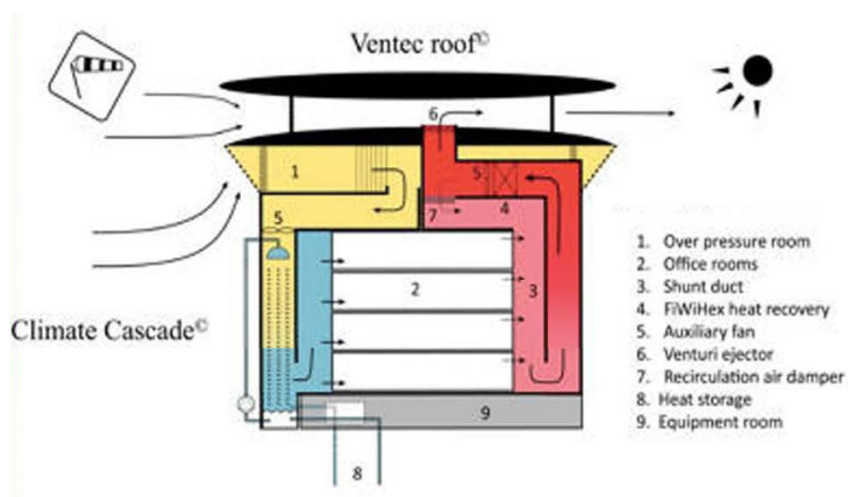


Рис. 8. Принцип климатического каскада

Помимо энергоэффективности, главным достоинством естественной системы вентиляции будет отсутствие шума, экономия электроэнергии и комфортная температура подаваемого воздуха.

В проекте предусмотрена система рекуперации тепла. Оборудование для этой системы расположено в неотапливаемом подвале. Для предотвращения распространения шумов по вентиляционным каналам устанавливаются шумозаглушители. Для данного проекта был выбран рекуператор Swegon GOLD RX (рис. 9). Этот воздухоподготовительный агрегат обладает высокоэффективным роторным утилизатором. КПД утилизации составляет 85 %, расход воздуха составляет до 50 400 м<sup>3</sup>/ч, скорость вращения ротора регулируется.





Рис. 9. Рекуператор тепла Swegon GOLD RX

Один из фасадов здания ориентирован на север, потому выбор окна должны, с одной стороны, пропускать достаточное количество солнечной радиации, для обеспечения зрительного комфорта, и с другой стороны, иметь достаточно низкое значения коэффициента теплоусвоения (величина, обратная сопротивлению теплопередаче). Таким критериям удовлетворяют окна с трехслойным стеклопакетом, в которых применяется стекло SGG PLANITHERM.

Также разработана стратегия защиты от перегрева окон и дверей, расположенных на западном фасаде в летний период, согласно которой все элементы оборудованы рулонными шторами из парусины, закрепленными снаружи, которые обеспечивают эффективное затенение в 12 %. Поскольку южный фасад выходит во внутренний атриум, то перегрев возникать не будет, т.к. прямые инфракрасные лучи не попадают на него в достаточном для этого количестве.

Проблема обеспечения доступа в здания для маломобильных групп населения решена с помощью использования наклонного лифта марки HIRO 350 и лифта Otis GeN2 Premier. Наклонные лифты являются универсальным решением при реконструкции зданий и активно внедряются в Европе.

Главная задача реконструкции данных жилых зданий – снизить уровень потребления энергии на основные эксплуатационные нужды. Во всем мире разрабатываются все новые и новые, зачастую очень дорогостоящие технологии домов с пониженным энергопотреблением. Однако очень важно соблюдать баланс между снижением годового энергопотребления на отопление и охлаждение и стоимостью воплощения технологических решений.

В качестве экономического обоснования проекта мы предлагаем сравнить затраты на тепло- и звукоизоляцию жилых помещений и подвалов, устройство эксплуатируемой кровли, замену окон, рекуператор и годовую экономию энергозатрат.

Т а б л и ц а 1

**Укрупненный расчет стоимости работ по реновации**

Статья расхода	Затраты
Теплоизоляция фасадов	Площадь фасадов: 1915 м <sup>2</sup> Стоимость работ, включая стоимость материалов: 25,8 €/м <sup>2</sup> Итого: €49.392
Звукоизоляция внутренних стен и перегородок	Площадь внутренних стен и перегородок: 1998 м <sup>2</sup> Стоимость работ, вкл. стоимость материалов: 9,94 €/м <sup>2</sup> Итого: €19.866
Теплоизоляция подвалов	Площадь подвала: 600 м <sup>2</sup> Стоимость работ, включая стоимость материалов: 48,19 €/м <sup>2</sup> Итого: €28.915
Устройство эксплуатируемой кровли	Площадь кровли: 600 м <sup>2</sup> Стоимость работ, включая стоимость материалов: 72,79 €/м <sup>2</sup> Итого: €43.675
Звукоизоляция межэтажных перекрытий	Площадь кровли: 600 м <sup>2</sup> Стоимость работ, включая стоимость материалов: 44,18 €/м <sup>2</sup> Итого: €26.505
Замена окон	€34.880
Рекуператор тепла Swegon GOLD RX	€70.000
Солнечные панели	€25.000
Лифты	€25.000
Всего	€301.339

С помощью программы Multi Comfort Designer смоделировали основные ограждающие конструкции зданий, учли особенности внутреннего микроклимата помещений, ориентацию фасадов, окружающую застройку и другие параметры, и рассчитали годовые значения потребности в энергии на отопление в зимний период и кондиционирование летом для существующего здания и после реновации. Мы получили, что до реконструкции расходы на отопление составляли 154 кВт/м<sup>2</sup>год, или 287056 кВт/год и на охлаждение – 60 кВт/м<sup>2</sup>год, или 111840 кВт/год, что не соответствует современным европейским нормам. Моделирование объекта после реновации показало, что расходы на отопление составят 6 кВт/м<sup>2</sup>год, или 11 184 кВт/год и на охлаждение 13 кВт/м<sup>2</sup>год, или 24 232 кВт/год.

Таким образом, годовая экономия составит 363 480 кВт/год, солнечные панели вырабатывают 143 827 кВт/год, учитывая на среднюю стоимость одного киловатта энергии в 0,16€, получаем экономию 81 170 € в год. Можно сказать, что затраты на реновацию окупаются уже примерно за 4 года.

**Библиографический список**

1. EN 15603. Energy performance of buildings - Overall energy use and definition of energy ratings, электронный ресурс // <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:16343:ed-1:v1:en>. (дата обращения 3.05.2017)
2. Low-energy buildings in Europe – Standards, criteria and consequences, Katharina Thullner, электронный ресурс // [http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi\\_byggnadsdesign/images/Publikationer/Katharina\\_Thullner.pdf](http://www.ebd.lth.se/fileadmin/energi_byggnadsdesign/images/Publikationer/Katharina_Thullner.pdf). (дата обращения 3.05.2017).
3. International Energen Agency. Показатели энергоэффективности: основы формирования политики, электронный ресурс // <http://altenergiya.ru/wp-content/uploads/books/common/pokazateli-energoeffektivnosti.pdf>. (дата обращения 3.05.2017)

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **ГЕЛИОЭНЕРГЕТИКА СВЕРДЛОВСКОЙ ОБЛАСТИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

*Зорин М. О.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, mark\_zorin92@mail.ru

**Аннотация.** В статье приводится статистический анализ количества ясных дней за последние 5 лет районов Свердловской области. Определены благоприятные районы, где применение сезонных гелиосистем наиболее выгодно. Проведено сравнение экспериментальных данных суммарной солнечной радиации за 1966 г. и 2016 г. Выявлены актуальные справочные данные, которые могут применяться для расчета солнечных коллекторов. Рассчитан КПД солнечной установки. Определены формулы расчета, которые дают максимально точное значение теоретического КПД. Отображен опыт эксплуатации сезонных солнечных систем. Даны основные эксплуатационные характеристики гелиосистемы, которая функционирует в настоящее время на кровле лаборатории кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Уральского Федерального университета с апреля по сентябрь месяц. Произведена стратификация температур по высоте бака сезонной гелиосистемы.

**Ключевые слова:** солнечная энергия, гелиосистема, солнечный коллектор КПД, эксперимент.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **SOLAR SYSTEMS IN THE SVERDLOVSK REGION: THEORY AND PRACTICE**

*Zorin M. O.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, mark\_zorin92@mail.ru

**Abstract.** This article provides a statistical analysis of the number of sunny days in the last 5 years area of the Sverdlovsk region. Favorable areas have been identified, where the use of seasonal solar systems is most beneficial. Total solar radiation data behind 1966 and 2016 have been compared. Relevant reference data that can be used to calculate solar collectors are identified. Efficiency solar system is targeted. Calculation formulas are determined that allow to determine the theoretical efficiency as accurately as possible. Operating experience seasonal solar systems is described. The main operational characteristics of the solar system are given, which currently functions on the roof of the laboratory of the Department of Heat and Gas Supply and Ventilation of the Ural Federal University from April to September. The stratification of temperatures along the height of the tank of the seasonal solar system has been performed.

**Key words:** solar energy, solar systems, solar collector, efficiency, experiment

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

В Свердловской области имеется возможность использования солнечной энергии. Однако использование энергии солнца до сих пор осуществляется в недостаточных масштабах. С одной стороны, это происходит из-за неинформированности населения о существующих технологиях и возможностях использования солнца, с другой стороны, из-за дороговизны установок.

Для внедрения гелиосистемы необходимо знать климат района, в котором предполагается ее работа. Одним из немаловажных факторов является количество ясных и пасмурных дней за рабочий период солнечной установки. Отсутствие подробной справочной литературы по ясным и пасмурным дням является большим минусом для точной оценки эффективности солнечных систем. Например, от количества ясных и пасмурных дней напрямую зависит расчетная интенсивность солнечной радиации для каждого месяца [1], и как следствие этих расчетов, площадь коллекторов, срок окупаемости [2] и время работы. Нужно понимать, что, прежде всего, внедрение гелиосистемы – это инвестиционный проект, который должен себя окупить с течением времени.

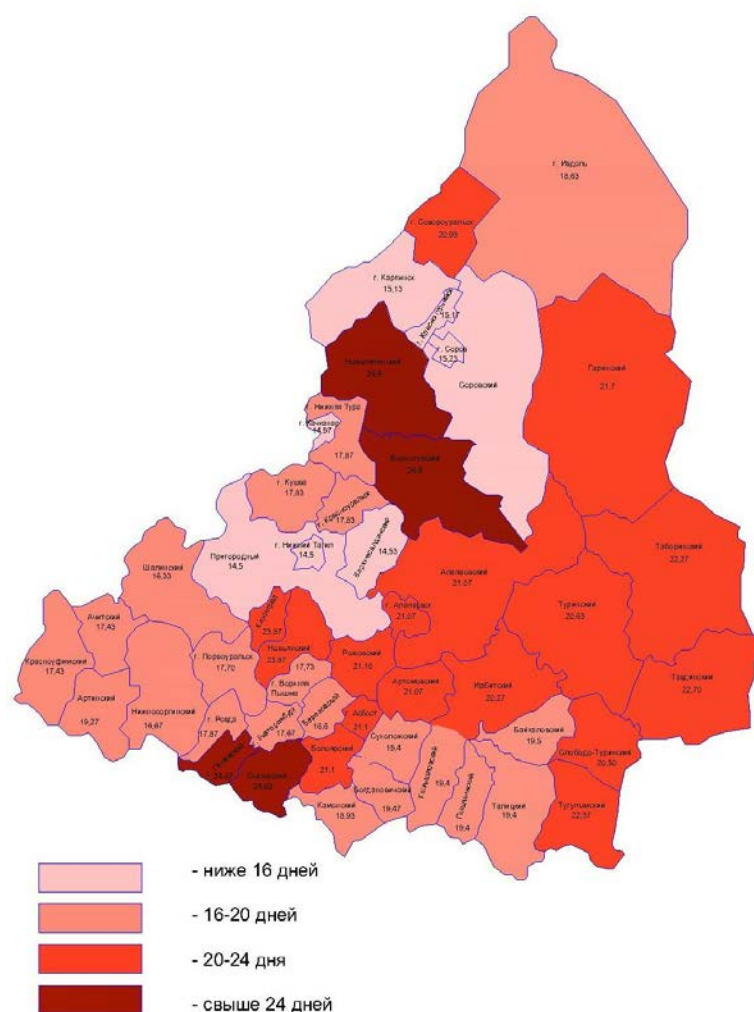


Рис. 1. Карта средних значений ясных дней за период с апреля по сентябрь 2012-2016 г. по Свердловской области

Для всех районов Свердловской области был проведен статистический анализ количества ясных дней за последние 5 лет в промежутке с апреля по сентябрь для расчетных часов работы сезонных гелиосистем (с 8:00 до 17:00). Информация о количестве пасмурных и ясных дней за период с 2012 по 2016 года была получена из дневников погоды [3]. Результаты сбора и анализа информации показали наиболее благоприятные районы Свердловской области, в которых применение сезонных гелиосистем наиболее актуально. Для большей наглядности все районы Свердловской области были поделены на четыре группы, а данные были перенесены на карту (рис. 1) и в табл. 1.

Таблица 1

**Классификация районов Свердловской области по показателю среднего значения ясных дней за расчетный промежуток времени**

Группы	Среднее значение ясных дней за расчетный промежуток времени	Районы и города
I группа	>24	Сысертский р-н, Полевской р-н, Верхотурский р-н, Новолялинский р-н
II группа	20-24	Белоярский, Тугулымский, Слободо-Туринский, Невьянский, Режевский, Артемовский, Ирбитский, Тавдинский, Алапаевский, Туринский, Таборинский, Асбест, Кировград, Алапаевск, Североуральск.
III группа	16-20	Шалинский, Ачитский, Красноуфимский, Артинский, Нижнесергинский, Березовский, Каменский, Сухоложский, Богдановичский, Камышловский, Пышминский, Талицкий, Байкаловский, Нижняя Тура, Красноуральск, Кушва, Первоуральск, Ревда, Екатеринбург, Верхняя Пышма, Ивдель
IV группа	< 16	Пригородный, Верхнесалдинский, Серовский, Нижний Тагил, Качканар, Серов, Краснотурьинск, Карпинск

Эффективность гелиосистемы напрямую зависит от прямой и рассеянной солнечной радиации, падающей на солнечный коллектор. В настоящее время достоверных данных по солнечной радиации нет, поэтому было проведено сравнение экспериментальные данных суммарной солнечной радиации за много лет исследований, взятых по [4], для станции Верхнее Дуброво и для города Екатеринбурга.

С мая по август при помощи прибора ALMEMO-2490 на кровле лаборатории кафедры теплогоснабжения и вентиляции Уральского Федерального университета замерялась суммарная солнечная радиация в течение нескольких ясных и пасмурных дней. Датчик прибора был установлен на крыше здания, где размещены солнечные коллектора. Он был защищен от атмосферных осадков и на него не падала тень. В промежутке времени с 8 до 17 часов с интервалом в пять минут происходила автоматическая фиксация данных в журнале, что позволило увеличить точность эксперимента. По истечении каждого дня вычислялось



среднее значение суммарной солнечной радиации, а в конце месяца – среднее значение суммарной солнечной радиации за месяц. Во время измерений отслеживалось, в какой день проходит эксперимент – ясный или пасмурный. В табл. 2 представлены значения суммарной солнечной радиации с мая по август, полученные в ходе проведенного эксперимента, и данные за много лет исследований для станции Верхнее Дуброво.

Таблица 2

**Сравнение экспериментальных значений солнечной радиации, полученных в 2016 году, и по [4]**

Месяц	Полученные экспериментальные значения солнечной радиации	Экспериментальные значения суммарной солнечной радиации за много лет исследований (В. Дуброво)
Май	606	612
Июнь	572	636
Июль	568	607
Август	529	525

Сопоставление приведенных значений показало, что суммарная солнечная радиация в период с мая по август 2016 года отличается не более чем на 10 % от экспериментальных данных, представленных в [4] по станции Верхнее Дуброво. Следовательно, можно сделать вывод, что значения, приведенные в [4], актуальны и могут использоваться для расчета солнечных коллекторов. Графическое сравнение экспериментальных данных (2016 г.) с данными по станции Верхнее Дуброво [4] в период с мая по август представлены на рис. 2–5.

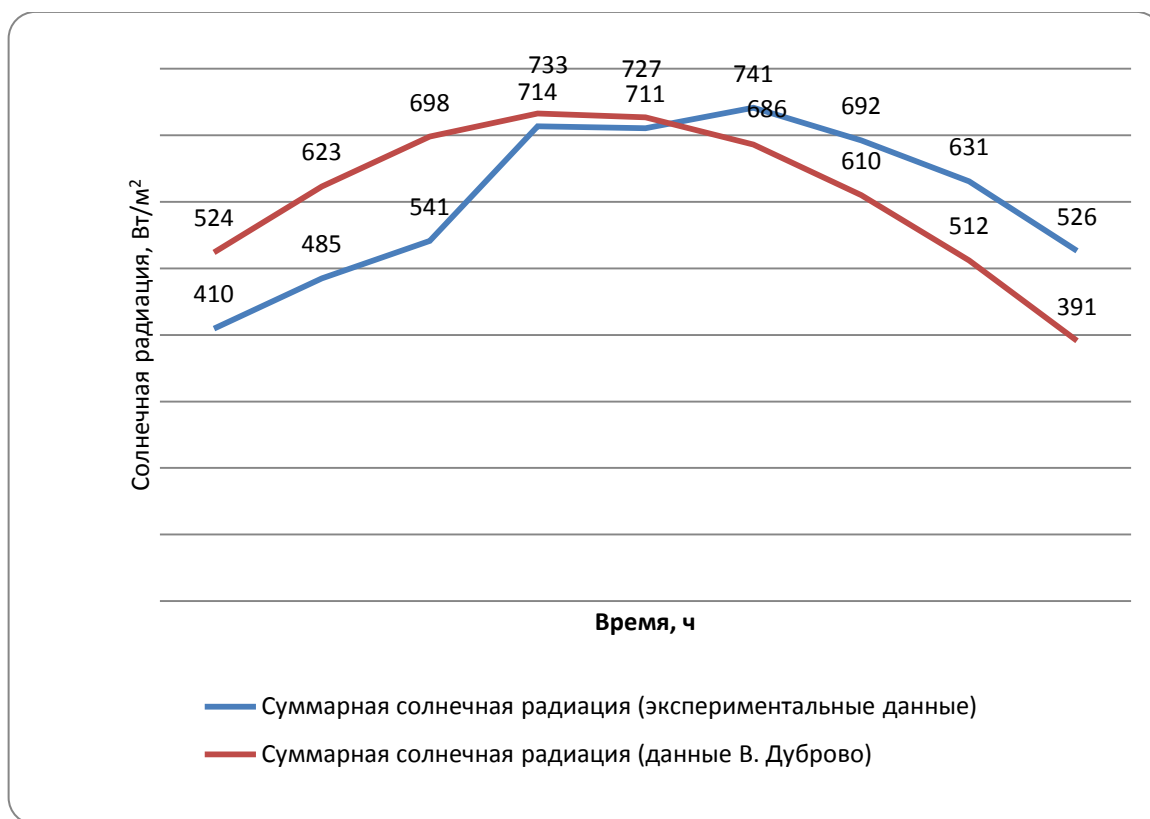


Рис. 2. Суммарная солнечная радиация по часам за май

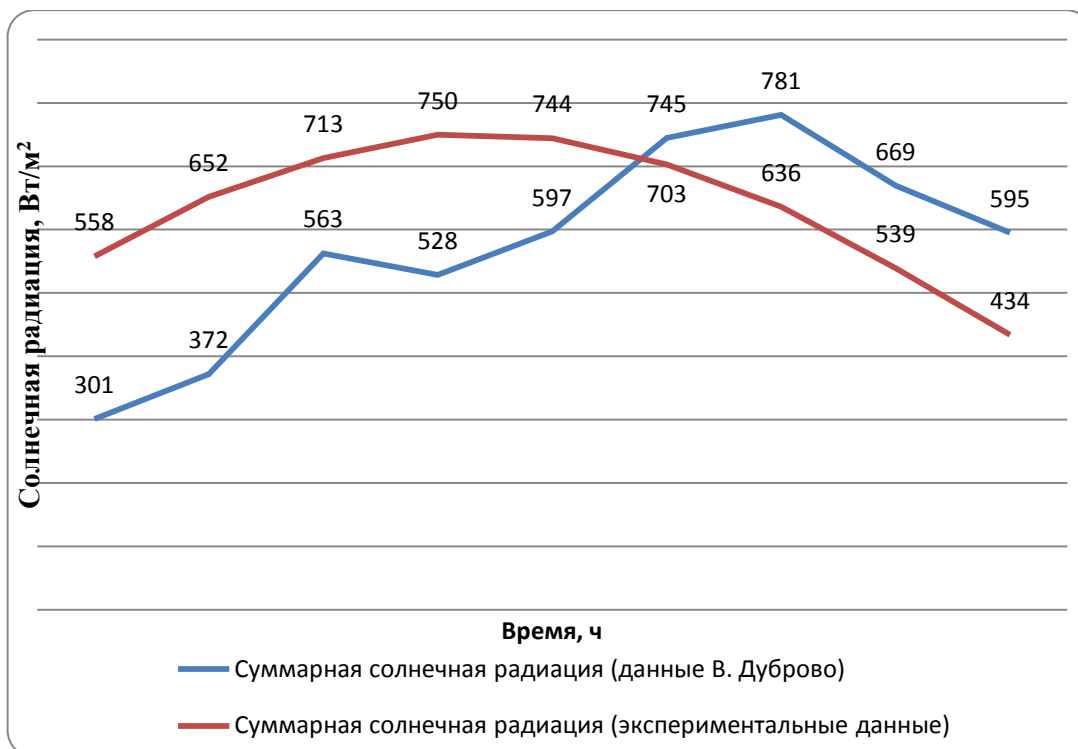


Рис. 3. Суммарная солнечная радиация по часам за июнь

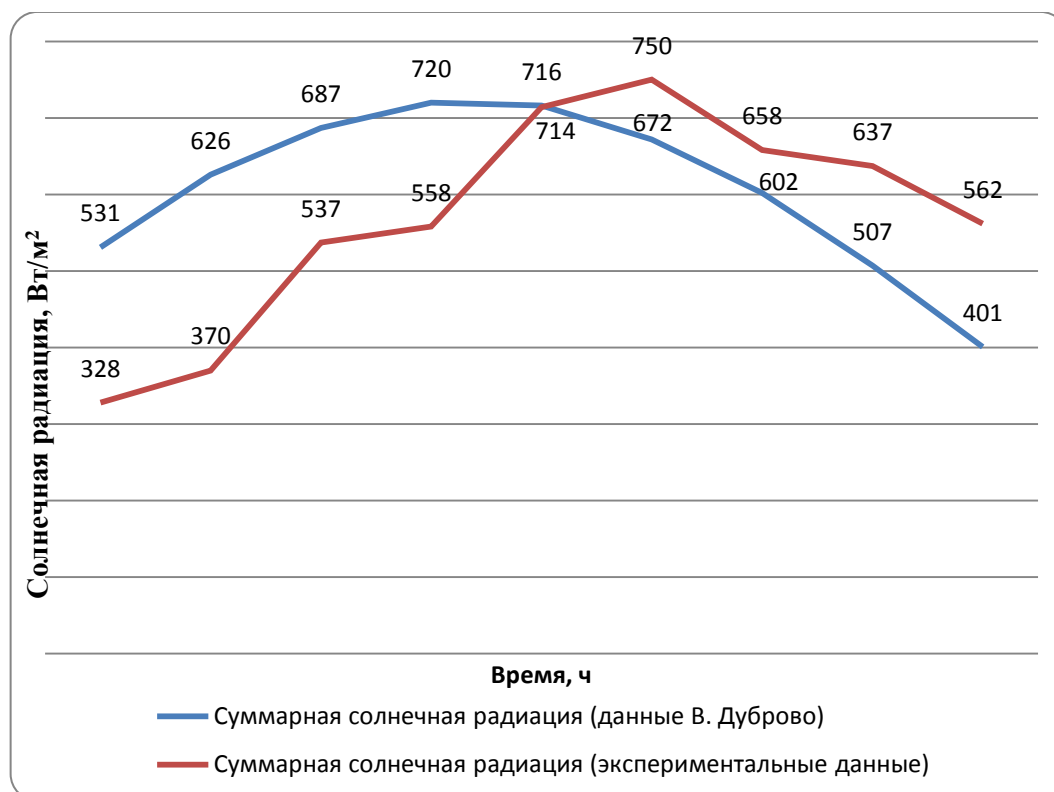


Рис. 4. Суммарная солнечная радиация по часам за июль

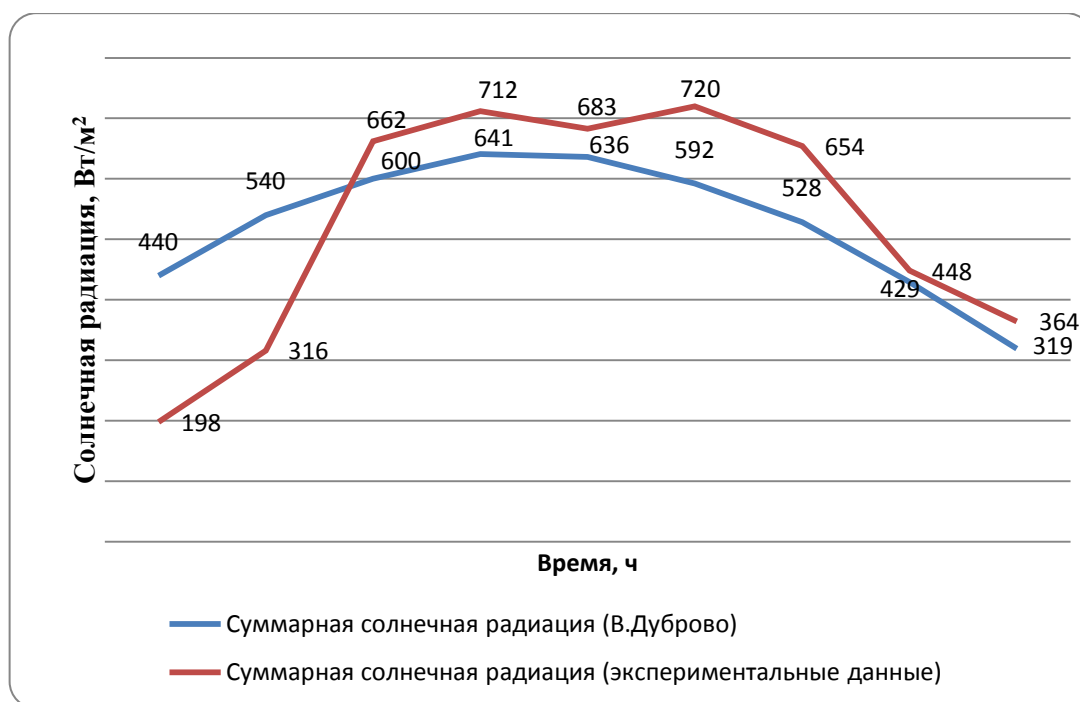


Рис. 5. Суммарная солнечная радиация по часам за август

Теоретический КПД гелиосистемы определялся по [1] и по формулам производителей солнечных коллекторов. Экспериментальный КПД рассчитывался как отношение полезной работы, совершаемой гелиоустановкой на нагрев воды в баке-аккумуляторе, к энергии солнечной радиации, падающей на коллектор, за определенный промежуток времени.

Расчеты показали, что экспериментальный КПД установки не более чем на 11 % отличается от теоретического, причем определение теоретического КПД по формулам производителей гелиосистем дает более точные значения (расхождение на 3,6 %) в отличие от расчета КПД по [1] (расхождение на 10,7 %).

В настоящее время на кровле лаборатории кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Уральского Федерального университета с апреля по сентябрь функционирует гелиосистема сезонного действия, собранная из оборудования фирмы Buderus (два солнечных коллектора SKN-3.0, насосная станция Logasol KS0105, бак-аккумулятор SU-160, система управления Logamatic 4211 с модулем FM443). Вода в баке-аккумуляторе нагревается, если разница температур в солнечных коллекторах и баке-аккумуляторе больше пяти градусов. При разнице температур менее пяти градусов насосная станция отключается. Максимальная температура приготовления воды в баке-аккумуляторе задается пользователем. Возможно запрограммировать функцию работы насоса на большой и малый расход. Средний расход в системе составляет около 2 л/мин, из расчета 1 л/мин на каждый коллектор по рекомендациям производителя.

В ходе эксплуатации гелиосистемы было зафиксировано среднее падение температуры в баке-аккумуляторе за ночь на  $5^{\circ}\text{C}$ , а в трубопроводах от солнечных коллекторов до бака-аккумулятора на  $1^{\circ}\text{C}$ . Максимальная температура воды в баке, до которой нагревалась вода с начальной температуры в  $20^{\circ}\text{C}$ , составила  $90^{\circ}\text{C}$ .

Для бака-аккумулятора SU-160 объемом 160 литров была произведена стратификация температур по высоте бака (рис. 6).

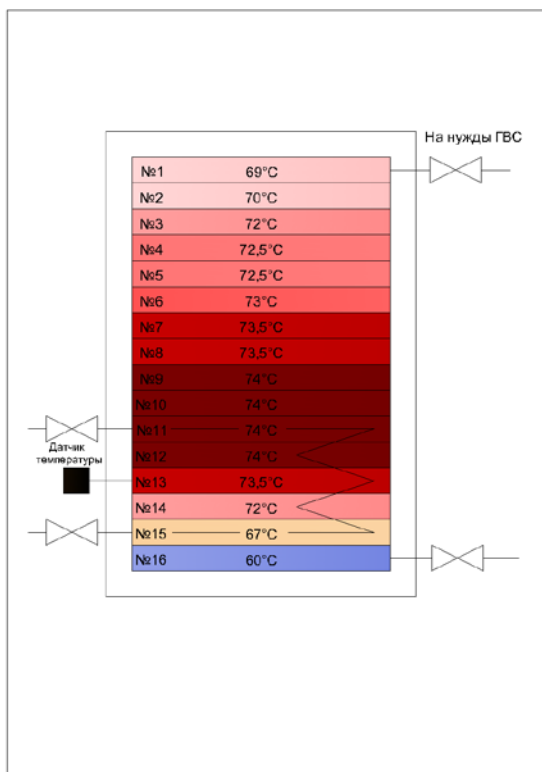


Рис. 6. Стратификация бака-аккумулятора SU-160

Для этого последовательно сливали по 10 литров воды и замеряли ее температуру. Самый холодный слой воды находился на дне бака-аккумулятора, самый горячий - у теплообменника гелиоконтур. В верхнем слое, на выходе, имеем температуру  $69^{\circ}\text{C}$ , которая отличается от расчетной на  $1^{\circ}\text{C}$ . Средняя температура в баке на  $1,5^{\circ}\text{C}$  превышает расчетную, откуда можно сделать вывод, что автоматика гелиосистемы работает точно и правильно.

### Библиографический список

1. ВСН 52-86. Установки солнечного горячего водоснабжения. Нормы проектирования. – М.: Госгражданстрой. 2000.
2. Руководство по оценке экономической эффективности инвестиций в энергосберегающие мероприятия / А.Н. Дмитриев, А.Ю. Табунщиков, И.Н. Ковалев, Н.В. Шилкин – М.: АВОК-ПРЕСС, 2005. 120 с.
3. ГисМетео [Электронный ресурс] // URL: <https://www.gismeteo.ru> (дата обращения 12.11.2016).

4. Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия 3. Многолетние данные. Выпуск 9. 1966 г.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СИСТЕМ ЭКОСЕРТИФИКАЦИИ**

*Мальцева И. Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, i.n.maltceva@urfu.ru

*Рыбакова А. О.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, anna.12@mail.ru

*Мальцева К. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, ksenemaltseva@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена задачам и принципам сертификации зданий в соответствии с зелёными стандартами, а также преимуществам, которые дает указанные сертификации для инвесторов, владельцев недвижимости, девелоперов, проектировщиков и управляющих компаний. Показано, что палитра систем экосертификации разнообразна, и эти системы не стоят на месте, а развиваются и эволюционируют. В статье анализируются системы экосертификации в различных странах мира, выявляются различия подходов к оценке эффективности зеленых зданий и схожесть в фундаментальных основах рейтинговых систем.

**Ключевые слова:** зеленое строительство, зеленые стандарты, устойчивое развитие, среда обитания, инновационные технологии, эффективное использование энергии, сертификация, рейтинговая система.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **COMPARATIVE ANALYSIS OF ECOSERTIFICATION SYSTEMS**

*Maltceva I. N.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, i.n.maltceva@urfu.ru

*Rybakova A. O.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, anna.12@mail.ru

*Maltceva K. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, ksenemaltseva@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the objectives of the buildings certification in accordance with green standards, as well as the benefits that this certifications give to investors, property owners, developers, designers and management companies. It is shown that the palette of ecocertification systems is diverse, and these systems do not stand still, but they are developed and evolved. The article analyzes ecosystem certification systems in different countries of the world, identifies differences in approaches to assessing the effectiveness of green buildings and similarities in the fundamental foundations of rating systems.

**Key words:** Green building, green standards, sustainable development, habitat, innovative technologies, efficient energy use, certification, rating system.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia



Современная архитектура должна функционировать как средство интеграции с окружающей природной средой. В основе этой стратегии лежат технологии и архитектурные концепции, направленные на достижения гармонии с ландшафтом и человеком, обществом и природой в целом. «Зеленое строительство» – одно из самых перспективных направлений развития не только строительного комплекса, но и социальной среды общества. В широком смысле концепция строительства «зеленых» зданий подразумевает проектирование, строительство, эксплуатацию, обслуживание и полную утилизацию в конце срока их службы. Оценка здания как среды обитания человека относится не только к самому строительному объекту, но и ко всему другому, что включает в себя понятие «среда обитания», а именно: наличие вблизи здания парковой зоны, спортивных и детских площадок, мест для автомобильных и велосипедных стоянок, расстояние от остановок общественного транспорта и т.д. [1]. Следование этой концепции обеспечивает увеличение продолжительности жизни населения, комфортную среду обитания, безопасность для здоровья людей, повышение производительности труда, энерго- и ресурсосбережение и уменьшение вредного воздействия на окружающую среду. Одним из практических инструментов «зеленого строительства» являются системы сертификации или рейтинговые системы для оценки показателей зданий на этапах проектирования, строительства и эксплуатации. Другими словами, это оценка уровня соответствия объекта определенным критериям, позволяющим ему официально и признанно являться объектом «зеленого строительства», сертифицированным по одной из существующих систем. Диверсифицированная структура систем сертификации, учитывающая различные критерии, позволяет оценить энергоэффективность и ресурсосбережение здания для обеспечения его обитателей соответствующим уровнем комфорта и функциональности. Таким образом, каждый этап при «зеленом» строительстве выполняется в соответствии с экологической целесообразностью. Оценка здания как среды обитания относится не только к самому строительному объекту, а ко всему, что входит в понятие «среда обитания», в том числе и к окружающему здание пространству. Оценивается взаимосвязь энергоэффективных технологий и создание мультикомфортных условий жизнедеятельности человека.

Системе сертификации «зеленого строительства» уже более 20 лет, 21 страна имеет свою уникальную оценочную систему, которые отличаются друг от друга в силу национальных и культурных традиций, а также климатических условий, но всех их объединяет одна цель – стремление к устойчивости. «Зеленые стандарты» служат для оценки экологической эффективности зданий, они применимы к новым и существующим постройкам, актуальны для самых разных типов зданий: офисных, жилых, промышленных, торговых и общественных. Они оценивают здания по таким критериям, как экономное

потребление электроэнергии и воды, решение проблемы грунтовых вод, экологичность, благоустройство окружающего пространства. Объекты, сертифицированные по «Зеленому стандарту», обеспечивают минимальное загрязнение окружающей среды, высокий уровень экологической безопасности для людей, эксплуатацию таких построек сопровождает профессиональный экологический менеджмент.

Различают номинальные и функциональные, обязательные (Директива Европейского Союза по энергетическим показателям зданий) и добровольные системы. Так, номинальный подход основан на исследовательских данных по объекту потребления энергии, функциональный – на показателях приборов, свидетельствующих о реальном потреблении энергии [2].

Считается, что история добровольной сертификации начинается с внедрения стандарта BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) в Великобритании в 1990 году, и рейтинговой системы LEED (The Leadership in Energy and Environmental Design), которая появилась через три года в США. Хотя нужно вернуться более чем на двадцать лет назад в 1973 год. После нефтяного кризиса, когда ОПЕК прекратил добычу нефти, и цена на нее возросла в 4 раза, в мировой строительной практике появилось направление, получившее название «Строительство энергоэффективных зданий». В этот период в Европе поняли, что их политика развития связана с решениями, принятыми в странах экспортерах нефти. Стало ясно, что самый простой способ уменьшить степень зависимости европейских стран – это потреблять меньше энергии, а это означает необходимость реализации новой политики в области энергосбережения. С тех пор множество научно-исследовательских и технических задач было посвящено развертыванию инновационных технологий и подходов, направленных на снижение энергопотребления. [3] Довольно интенсивно начали создаваться научные основы проектирования таких энергоэффективных зданий, которые не только не утратили актуальности до настоящего времени, но востребованность в которых постоянно возрастает, - смещаются только акценты. Начиная с 1980-х годов особое внимание уделяется экологической безопасности жилища и качеству внутреннего воздуха. Формулируется следующая закономерность: среди энергоэффективных технологий приоритет имеют те, которые способствуют повышению качества внутреннего воздуха и улучшают экологическую безопасность жилища. С конца 1990-х годов к требованиям по энергоэффективности и экологичности добавляются требования, которые обеспечивают защиту окружающей среды от разрушения.

В 1999 году состоялась первая встреча всемирного Совета по экологическому строительству (Green Building Council), в которой участвовали уже 8 стран: Австралия, Великобритания, Испания, Канада, ОАЭ, Россия, США и Япония. Основной целью создания

Совета являлось стремление разорвать порочный круг, в который попали конечные покупатели и девелоперы, обвиняющие друг друга в отсутствии инициативы в строительстве энергоэффективных экологически устойчивых зданий. Совет констатировал, что достигнутый уровень «зеленого здания» в соответствии с системами сертификации (несмотря на то, что они в зависимости от приоритетов существенно отличаются по странам и регионам) определяет его инвестиционную привлекательность для бизнеса, населения планеты в целом и для каждого человека в отдельности.

Преимущества сертификации зданий, сооружений и продукции в соответствии с зелёными стандартами для инвесторов, владельцев недвижимости, девелоперов, проектировщиков и управляющих компаний [4]:

- бóльшая конкурентоспособность в продвижении своего проекта или решения как экологически чистого и соответствующего принципам устойчивого развития окружающей среды;
- гарантия, что при строительстве объекта применялись технологии, соответствующие основным принципам устойчивого развития территорий;
- активизация поиска инновационных решений, которые минимизируют воздействие на окружающую среду;
- снижение эксплуатационных расходов и повышение качества рабочей и жилой среды;
- соответствие объекта стандарту, который демонстрирует продвижение к корпоративным и организационным экологическим целям, даёт право публично называться «Зелёной компанией» в сфере недвижимости.

Таким образом, сертификация по зелёным стандартам и достижение высоких показателей по энергоэффективности становится значимым конкурентным преимуществом, которое увеличивает доходность проекта через повышение арендной платы и снижение издержек, что высоко ценится потенциальными инвесторами.

Преимущества для окружающей среды [4]:

- значительное сокращение выбросов парниковых газов, мусора и загрязнённых вод;
- расширение и защита естественной среды обитания и биологического разнообразия;
- сохранение природных ресурсов.

Преимущества для здоровья и общества [4]:

- создание более комфортных условий в помещениях по качеству воздуха, а также тепловым и акустическим характеристикам;
- снижение уровня загрязнений, попадающих в воду, почву и воздух, и как следствие, сокращение нагрузки на городскую инфраструктуру;

- повышение качества жизни с помощью оптимального градостроительного проектирования – размещения мест приложения труда в непосредственной близости жилых районов и социальной инфраструктурой (школы, медучреждения, общественный транспорт и т. д.).

Экономические выгоды [4]:

- на 25 % снижается энергопотребление, и соответственно достигается уменьшение затрат на электроэнергию;
- уменьшение потребления воды на 30 % закономерно приводит к значительному снижению издержек на водоснабжение;
- сокращение затрат на обслуживание здания достигается за счёт более высокого качества современных средств управления, эффективного контроля и оптимизации работы всех систем;
- увеличенная текущая чистая выручка (например, 3 %-я премия на средней норме арендного договора) и стоимость активов собственности (например, 10 %-я премия на коммерческой ценности) может привести к более низким финансовым и страховым затратам;
- уменьшение количества отказов от аренды и собственности, увеличение удовлетворенности арендаторов, что также может привести к снижению издержек;
- внедрение принципов «зелёного строительства» прекрасно подходит для привлечения общественного внимания, способствует скорейшей окупаемости арендных площадей и большей лояльности арендаторов;
- согласно социально-экономическим исследованиям аналитики прогнозируют рост рынка «зеленых строительных материалов» на 5 % ежегодно;
- здания, построенные с использованием «зелёных технологий», способствуют сохранению здоровья работающих в них людей, что может снизить потери от выплат по медицинской страховке;
- принципы строительства «зелёных зданий» уже сейчас соответствуют ожидаемому ужесточению экологического законодательства, связанного с ограничением выбросов углерода;
- постоянное снижение себестоимости (Большинство «зелёных зданий» дороже обычных не более чем на 4 %, а в ближайшем будущем применение «зелёных технологий» станет самым эффективным средством для снижения себестоимости строительства. В настоящий момент дополнительная себестоимость может быть амортизирована в ходе эксплуатации здания, и обычно компенсируются в течение первых трех или пяти лет за счёт снижения эксплуатационных издержек).

Среди наиболее совершенных национальных рейтинговых систем следует отметить английскую – BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method, «Метод оценки экологической эффективности от исследовательского института строительства»), американскую – LEED (The Leadership in Energy and Environmental Design, «Руководство в энергетическом и экологическом проектировании»), немецкую – DGNB (Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen (нем.), German Sustainable Building Council (англ.), «Совет устойчивого строительства Германии»).

В таблице приведен сравнительный анализ систем сертификации в различных странах мира, в том числе и в России (табл. 1).

Таблица 1

## Системы сертификации объектов зеленого строительства

Система сертификации	Страна	Разработчик, год создания	Доступные схемы оценки	Критерии	Система оценки
LEED Руководство по энергоэффективному и экологическому проектированию	США	Американский совет по зелёным зданиям USGBC -1998	Новое строительство Эксплуатация уже построенных зданий Коммерческие площади Интерьерный дизайн Чистовая отделка зданий Школы Торговые площади Объекты сферы здравоохранения Жилая недвижимость Развитие загородного домостроения Офисы Комплексные жилые кварталы	Обеспечение экологической устойчивости проектов Эффективное использование воды Энергия и влияние использования энергоресурсов на атмосферу Материалы и ресурсы Создание благоприятной атмосферы внутри помещений здания Применение инноваций в проектировании Региональные бонусы	"Сертифицирован" $\geq 40$ "Серебряный" сертификат $\geq 50$ "Золотой" сертификат $\geq 60$ "Платиновый" сертификат $\geq 80$

Система сертификации	Страна	Разработчик, год создания	Доступные схемы оценки	Критерии	Система оценки
<p>BREEAM</p> <p>Метод оценки экологической эффективности зданий</p>	Великобритания	Компания BRE Global-1990	<p>Офисы</p> <p>Торговые площади</p> <p>Промышленные объекты</p> <p>Общеобразовательные учреждения</p> <p>Эко-дома</p> <p>Объекты сферы здравоохранения</p> <p>Индивидуальные здания</p> <p>Многоквартирные дома</p> <p>Объекты международного значения</p> <p>Суды</p> <p>Тюрьмы</p>	<p>Управление</p> <p>Здоровье и социальное благосостояние</p> <p>Энергия</p> <p>Транспорт</p> <p>Водообеспечение</p> <p>Материалы</p> <p>Утилизация отходов</p> <p>Землепользование и экология</p> <p>Загрязнение</p> <p>Инновации</p>	<p>"Сертифицирован" <math>\geq 30</math></p> <p>"Хорошо" <math>\geq 45</math></p> <p>"Очень хорошо" <math>\geq 55</math></p> <p>"Отлично" <math>\geq 70</math></p> <p>"Замечательно" <math>\geq 85</math></p>
<p>DGNB</p> <p>Совет устойчивого строительства</p>	Германия	Совет устойчивого строительства DGNB- 2007	<p>Гостиницы</p> <p>Жилой сектор</p> <p>Учебные заведения</p> <p>Больницы</p> <p>Конгресс – центры</p> <p>Лаборатории</p> <p>Временные постройки</p> <p>Офисные помещения</p> <p>Интерьеры</p> <p>Инфраструктурные объекты</p> <p>Спортивные комплексы</p> <p>Аэропорты</p>	<p>Качество окружающей среды</p> <p>Экономическая эффективность</p> <p>Социально-культурные качества и функциональность</p> <p>Техническая оснащённость</p> <p>Качество процесса</p> <p>Месторасположение</p>	<p>"Бронзовый" <math>\geq 35</math></p> <p>"Серебряный" сертификат <math>\geq 50</math></p> <p>"Золотой" сертификат <math>\geq 65</math></p> <p>"Платиновый" сертификат <math>\geq 80</math></p>

Система сертификации	Страна	Разработчик, год создания	Доступные схемы оценки	Критерии	Система оценки
HQE Стандарт высокого качества окружающей среды	Франция	Ассоциация по высокому качеству окружающей среды ASSOHQE - 1992	Независимо от типа здания	Строительная площадка и Ландшафт Комплексный выбор методов и стройматериалов Энергия Водопотреблением и Качество воды Отходы Техническое обеспечение Качество помещений и воздуха Гидротермический комфорт Акустика Визуальный и Обонятельный комфорт	Сертифицировано –* Хорошо –** Очень хорошо –*** Превосходно – **** Выдающийся – *****
Green Star	Австралия	Совет зеленого строительства GBCA - 2003	Новое строительство Эксплуатация уже построенных зданий Коммерческие площади Офисы Интерьерный дизайн Школы Объекты сферы здравоохранения Жилая недвижимость Развитие загородного домостроения	Управление Качество внутренней среды Энергия Транспорт Вода Материалы Землепользование и экология Выбросы Инновации	Минимум – * $\geq 10$ Обычная практика – ** $\geq 20$ не присуждается Обычная практика – *** $\geq 30$ Лучшая практика – **** $\geq 40$ Лучший в Австралии – ***** $\geq 60$ Мировой лидер – ***** $\geq 75$



Система сертификации	Страна	Разработчик, год создания	Доступные схемы оценки	Критерии	Система оценки
Green Globes	Канада (США)	Энергетика и охрана окружающей среды Канады ECD- 1996	Новое строительство / реконструкция Коммерческие Интерьеры Существующие здания: офисы многоквартирные дома здравоохранение легкая промышленность школы гостиницы лаборатории спортивные комплексы	Энергоэффективность Эффективное использование воды Материалы и ресурсы Качество внутренней среды Выбросы Управление проектом	1 глобус $\geq 35\%$ 2 глобус $\geq 55\%$ 3 глобус $\geq 70\%$ 4 глобус $\geq 85\%$ (всего 1000 баллов)
GRHA Зеленый рейтинг для комплексной оценки среды обитания	Индия	Институт энергетики и ресурсов TERI- 2007	Офисы Торговые площади Школы Гостиницы Медицинские учреждения, Жилые и многоквартирные высотные здания.	Месторасположение Охрана и безопасность Строительная площадка Эффективное использование ресурсов Утилизация отходов Эксплуатация здания Техобслуживание Инновации	* $\geq 50$ ** $> 60$ *** $> 70$ **** $> 80$ ***** $> 90$
CASBEE Комплексная система оценки экологической эффективности зданий	Япония	Консорциум устойчивого строительства в Японии JSBC - 2001	Новое строительство Эксплуатация уже построенных зданий Реконструкция Жилой сектор Недвижимость Объекты сферы здравоохранения интерьерный дизайн временное строительство	Качество внутренней среды Качество услуг Качество окружающей среды на площадке Энергия Ресурсы и материалы окружающая среда вне территории	С – низкий уровень * В – достаточно низкий ** В+ – хорошо *** А – очень хорошо **** S – превосходно *****

Система сертификации	Страна	Разработчик, год создания	Доступные схемы оценки	Критерии	Система оценки
GREEN ZOOM	Россия	Российская гильдия управляющих и девелоперов (РГУД)-2014	Новое строительство Реконструкция Комплексное освоение территорий	Расположение застраиваемой территории и организация транспортного обеспечения Экологическая устойчивость застраиваемой территории Водоэффективность Энергоэффективность и снижение вредных выбросов в атмосферу Экологически рациональный выбор строительных материалов и управление отходами Экология внутренней среды здания Инновации Региональные особенности	"Бронзовый" $\geq 35$ "Серебряный" $\geq 45$ "Золотой" $\geq 55$ "Платиновый" $\geq 70$ (всего 90)

Основное различие между системами сертификации LEED и BREEAM заключается в следующем: LEED – стандарт больше коммерческий, сфокусированный на энерговодопотреблении, а BREEAM – стандарт научный, направленный на широкий спектр экологических проблем. При сертификации по BREEAM роль оценщика (аккредитованного специалиста) жестко регламентирована, а в случае с сертификацией по LEED его роль сводится к консалтингу и управлению процессом сертификации. Кроме того, LEED жестко регламентирует применение американских стандартов, а также систем сертификации материалов, чего нельзя сказать о BREEAM, который принимает локальные стандарты [5].

В модели DGNB (GSBC) принципиальным отличием от систем LEED и DREEAM является обязательность критериев экономической эффективности зеленого строительства. Критерий LCC (Life Circle Cost) – цена жизненного цикла здания, интегрирует затраты как на строительство, так и на эксплуатацию здания, включая энергетические издержки и затраты экологического ущерба, на протяжении всего срока службы объекта.

Системы отличаются в оценке зданий, как правило, страны с более жесткими строительными нормами и правилами имеют более требовательную систему сертификации зеленых зданий (в Европе более строгие нормы, чем в США). Например, по оценке BREEAM Centre, здания, получившие “Platinum” по оценке LEED (USGBC), по оценке BREEAM получают только 2-е место в рейтинге (“Very Good”).

Также сильно отличается система веса, присваиваемого различным категориям. Так, например, в Японии Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency (CASBEE) присваивает фактору использования земли в 2–3 раза больше веса, чем в системах сертификации в западных странах. Другим примером является Австралия, чья система Green Star была построена на основе BREEAM и LEED, но модифицирована с учетом жаркого климата. Green Star также присваивает баллы в зависимости от уменьшения выбросов парниковых газов и применения принципов устойчивости на всех этапах – от идеи до эксплуатации объектов. Система присваивает рейтинг объекту до начала его эксплуатации, действительную эффективность для окружающей среды далее измеряет National Australian Built Environment Rating System (NABERS).

Сейчас идет процесс выработки общепринятых метрик для рейтинговых систем, в рамках Sustainable Building Alliance (SBA), расположенного в Париже.

### Библиографический список

1. Табунщиков Ю.А. «Зеленые здания» - новые знания для архитекторов и инженеров / Ю.А. Табунщиков // «Устойчивая архитектура: настоящее и будущее»: сб. трудов международного симпозиума 17-18 ноября 2011г., научных трудов Московского архитектурного института (государственной академии) и группы КНАУФ-СНГ – М.: ООО «Аделант», 2012. – С. 520.
2. Корякина А. Системы сертификации зеленого строительства / Анна Корякина // Commercial Property. 201, № 2(91). – С. 44-47.
3. Бианко В., Мусайо А., Алехин В. Обучение энергоэффективным технологиям в строительстве / В. Бианко, А. Мусайо, В. Алехин, И. Мальцева // Сантехника, Отопление. Кондиционирование. (СОК). 2016, № 11. – С. 88-93.
4. Зеленое строительство // Международная организация сотрудничества. – <http://www.expromos.ru/projects/buildgreen.htm> (дата обращения: 01.05.2017).
5. Агапова К. Сертификация зданий по стандартам LEED и BREEAM в России / Ксения Агапова // Здания высоких технологий. 2013, лето. – [http://zvt.abok.ru/articles/79/Sertifikatsiya\\_zdanii\\_po\\_standartam\\_LEED\\_i\\_BREEAM\\_v\\_Rossii](http://zvt.abok.ru/articles/79/Sertifikatsiya_zdanii_po_standartam_LEED_i_BREEAM_v_Rossii) (дата обращения 28.03.2017).
6. Мировая практика сертификации зеленого строительства [Сетевой ресурс] – <http://regreenhub.ru/2010/07/mirovaya-praktika-sertifikacii-zelenogo-stroitelstva> (дата обращения 20.03.2017).

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПРИМЕНЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЙ  
ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТИРОВКИ  
ЕСТЕСТВЕННОГО СВЕТА И СИСТЕМЫ  
РЕКУПЕРАЦИИ В ПРОЕКТЕ КОРПУСА  
ПТИЦЕФАБРИКИ «СВЕРДЛОВСКАЯ»**

*Плешков С. Ю.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, psj-5@yandex.com

*Бракале Дж.*

Технический комитет ТС3-38 Международной комиссии по освещению,  
Кокио-Тревицаго, Италия, info@solarspot.it

*Бирюкова С. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, 94\_svetlank@mail.ru

*Климантова Ю. О.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, marik747474@mail.ru

**Аннотация.** В статье предлагается улучшить используемую традиционную систему освещения и вентиляции корпуса птицефермы птицефабрики «Свердловская» (город Асбест Свердловской области) за счет применения инновационной энергоэффективной технологии транспортировки естественного света, а также использования рекуперации в вентиляционной системе. В работе приведен расчет освещенности помещения, выполненный с помощью компьютерной программы, разработанной инженерами итальянской компании «Solarspot International S.R.L.». Доказывается рентабельность предлагаемого проекта при применении его в животноводческом комплексе Российской Федерации.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

**Ключевые слова:** энергоэффективные технологии освещения, энергоэффективное строительство, светотехнические системы на основе полых трубчатых световодов, естественное освещение, рентабельность проекта.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

**THE USE OF ENERGY EFFICIENT  
TRANSPORTATION TECHNOLOGIES OF  
NATURAL LIGHT AND RECOVERY SYSTEMS  
IN THE PROJECT CASE POULTRY FARM  
"SVERDLOVSK"**

*Pleshkov S. Yu.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, psj-5@yandex.com

*Brakale G.*

CIE TC3-38 Expert for «Tubular Daylight Guidance Systems», Italy,  
info@solarspot.it

*Biryukova S. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, 94\_svetlank@mail.ru

*Klimantova Ju. O.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, marik747474@mail.ru

**Abstract.** The article proposes to improve the traditional lighting system and ventilation buildings of the poultry farms poultry farm "Sverdlovsk" (Asbest, Sverdlovsk region) through the use of innovative transportation technologies of natural light and the use of heat recovery in the ventilation system. The paper presents the calculation of ambient light made using computer programs developed by engineers of the Italian company "Solarspot International S.R.L.". We prove the profitability of the proposed project when applied in the livestock sector of the Russian Federation.

**Key words:** energy efficient lighting technology, energy efficient construction, lighting systems based on hollow tubular light guides for natural lighting, the profitability of the project.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## Введение

В 2016 году на российский рынок мяса птицы и яиц было поставлено на пять процентов больше по сравнению с 2014 годом [1]. Производство мяса птицы и яиц обеспечивает продовольственную безопасность государства, но развитие отрасли, в основном, ведется экстенсивным методом, то есть за счет увеличения количества птицефабрик. Новейшие достижения науки пока используются слабо. В связи с чем, целью нашей работы явилось исследование в области поддержания комфортного микроклимата в корпусе птицефермы. При этом мы предприняли попытку минимизировать затраты энергии на системы освещения, отопления и вентиляции. Для выполнения поставленной задачи мы рассмотрели возможность применения в существующей системе освещения корпусов птичников энергоэффективной технологии транспортировки естественного света, а традиционную вентиляцию дополнить системой рекуперации с предварительным подогревом подаваемого воздуха в специально оборудованной, заполненной водой, подземной противопожарной емкости. По нашему мнению, предлагаемое техническое решение способно не только экономить стремительно уменьшающиеся энергоресурсы Российской Федерации, но и способствовать интенсивному развитию птицеводства.

### Общая характеристика исследуемого объекта строительства

Объект, по которому проведены исследования (рис. 1), Инкубаторий ОАО «Птицефабрика «Свердловская», расположен в пос. Белокаменный города Асбест Свердловской области.



Рис. 1. Фотография однопролетного птичника птицефабрики «Свердловская».

Использовано фото и информация из источника [2]



Однопролетный (пролет 18 м) птичник размером 18,00х90,00х5,86 м имеет двухскатную кровлю, отапливается; предназначен для выращивания до 80 тыс. кур. Температура воздуха внутри помещения +20°C (при температуре наружного воздуха до –35°C). Имеются подъемно-секционные ворота, утепленные металлические двери; окна ПВХ, имеются жалюзийные решетки в проемах. Кровля состоит из трехслойных сэндвич-панелей с минераловатным утеплителем толщиной 150 мм.

### **Обоснование применения предлагаемых технических решений**

Ученые и технологи, изучающие и исследующие проблемы птицеводства, установили, что количество откладываемых в день или в месяц яиц существенно зависит от условий содержания. Одно из основных - поддержание необходимого микроклимата в помещении, в котором содержится птица. Низкие и очень высокие температуры снижают яйценоскость. Влажность воздуха необходимо поддерживать на уровне от 60 до 70 %. Например, курицы породы «Хай-лайн» в оптимальных условиях приносят от 340 до 350 штук яиц в год при их впечатляющей средней массе 60–65 грамм [3]. Условия птицефабрик позволяют получать сегодня от 200 до 250 яиц в год (в зависимости от породы птицы), т.е., на 57-71 % меньше!

Поэтому, существующие системы создания микроклимата в помещениях птичников нуждаются в совершенствовании.

С целью экономии электроэнергии, а также для более равномерной освещенности поверхности пола, для увеличения продолжительности светового дня для животных, создания необходимого цветового спектра освещения, важного для развития птицы разных возрастов, мы предлагаем использовать системы «LEDSolarspot®» диаметром 375 мм.

Для выполнения расчетов мы использовали запатентованную методику Дж. Бракале [4]. Изучение структуры и цветовой палитры внутренних поверхностей помещения инкубатория позволили оценить их отражающую способность: 50 % – для потолка, 30 % – для стен и 20 % – для пола. Высоту рабочей поверхности приняли 0,15 м. «Фактор использования» ( $UF$ ) нашли из соответствующей таблицы официального отчета CIE 173:2006 Технического комитета ТС3.38 «Трубчатые световодные системы» Международной комиссии по освещению [5]. Расчеты естественного освещения производились для светового климата населенного пункта Михалицы (ближайшая точка к городу Екатеринбургу, по которой имеются сведения европейской базы данных естественного и солнечного света «SATEL-LIGHT» [6]). Значения освещенности ( $I_{oe}$ ) приняты в 60 % от среднегодовой продолжительности светового дня (2758 часов), при которой она составляет 14,2 кЛюкс, и в 40 % от среднегодовой продолжительности светового дня (1834 часа) – 29,1 кЛюкс.

Рекомендованный средний уровень освещенности ( $I_{0,9}$ ) для исследуемого помещения – 50 Люкс.

Количество необходимых систем «LEDSolarspot®» диаметром 375 мм мы определили соотношением светового потока, который должен быть доставлен в помещение птичника, к световому потоку, обеспечиваемому одним световодом «Solarspot®»: 18 систем. Цветовая визуализация рассчитанной освещенности помещения птичника приведена по результатам расчета в среде немецкой программы «DIALux», в которую была интегрирована информация по системам «LEDSolarspot®» диаметром 375 мм (рис. 2).

На рис. 2 и 3 видна равномерность, в пределах заданных значений, освещенности поверхности инкубатория. Средняя освещенность помещения – 47 лк; минимальная – 16 лк; максимальная – 66 лк. При таких параметрах птица не подвергается ослеплению, силы света вполне достаточно для ее жизнедеятельности и интенсивного роста; исключаются случаи агрессивности птиц, вызванной ярким освещением. Свет – естественный, гармонично совмещенный с искусственным, что крайне важно для психологической устойчивости животных. Необходимую продолжительность светового дня обеспечат энергоэффективные светодиодные лампы, а дополнительные лампы различной цветовой гаммы будут работать в различные периоды роста птицы, обеспечивая наивысшую яйценоскость и интенсивность набора веса животными.

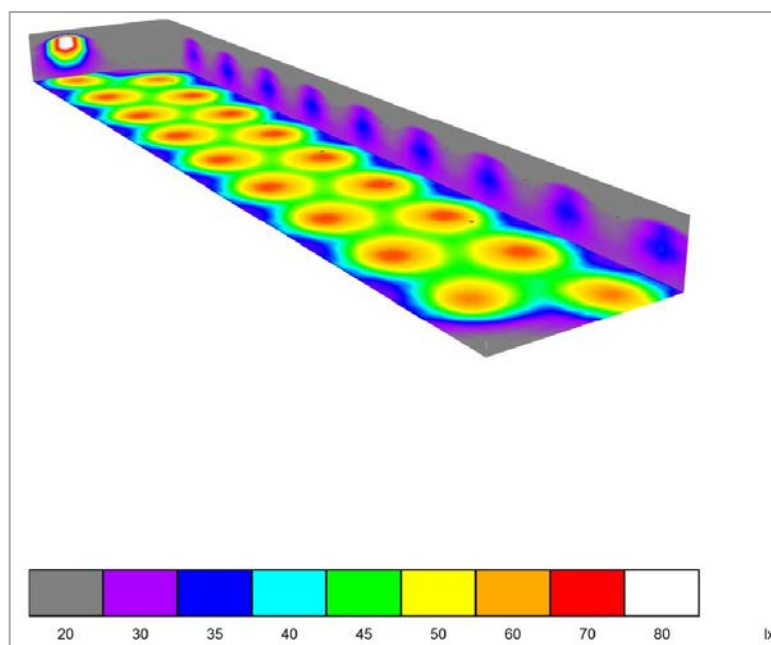


Рис. 2. Цветовая визуализация освещенности исследуемого корпуса птицефермы с помощью 18 систем «LEDSolarspot®» диаметром 375 мм (в люксах). Получена в среде программы «DIALux».

Комбинированное освещение естественным светом и светодиодными лампами

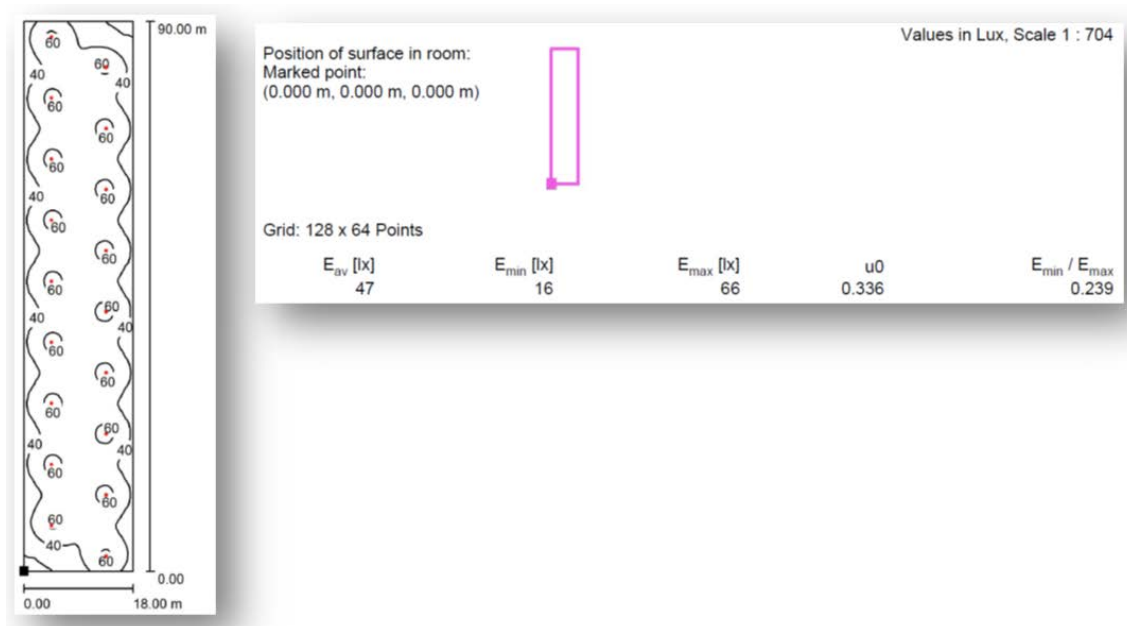


Рис. 3. Схема освещенности исследуемого корпуса птицефермы с помощью 18 систем «LEDSolarSpot®» диаметром 375 мм (в люксах). Получена в среде программы «DIALux»

Наиболее применяемой системой вентиляции в птичниках является прямоточная схема (рис. 4), где объем подаваемого воздуха равен объему воздуха удаляемого. В холодные периоды года наружный воздух в такой системе подогревается за счет использования калорифера.

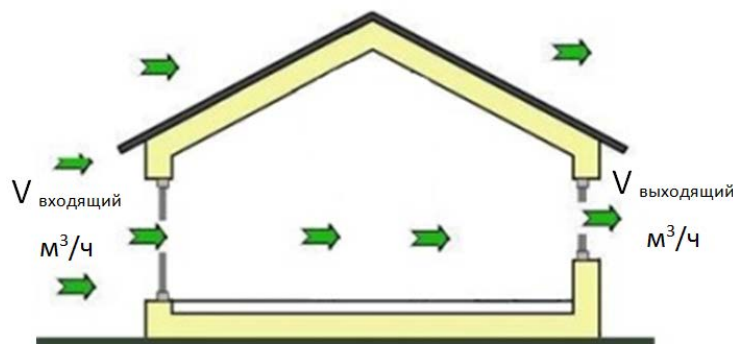


Рис. 4. Схема прямоточной системы вентиляции

С целью экономии энергоресурсов, а также для получения более стабильных температур в помещении птичника мы предлагаем использовать систему рекуперации воздуха. Произведя расчет воздухообмена, мы выяснили, что для ассимиляции тепла и вредных выделений в холодный период года необходимо подать  $160\,000\, M^3/ч$ . Для реализации воздухообмена предлагается применить две вентиляционные установки «Rosenberg», в состав которых входят: фильтр, электрический воздухонагреватель и осевой вентилятор типа ANDB-1000-5/1440. Подобрал оборудование для рекуперации, произведя

сравнительные расчеты потребления электроэнергии при использовании системы вентиляции с рекуперацией и без нее, мы получили следующие сравнительные характеристики (рис. 5).

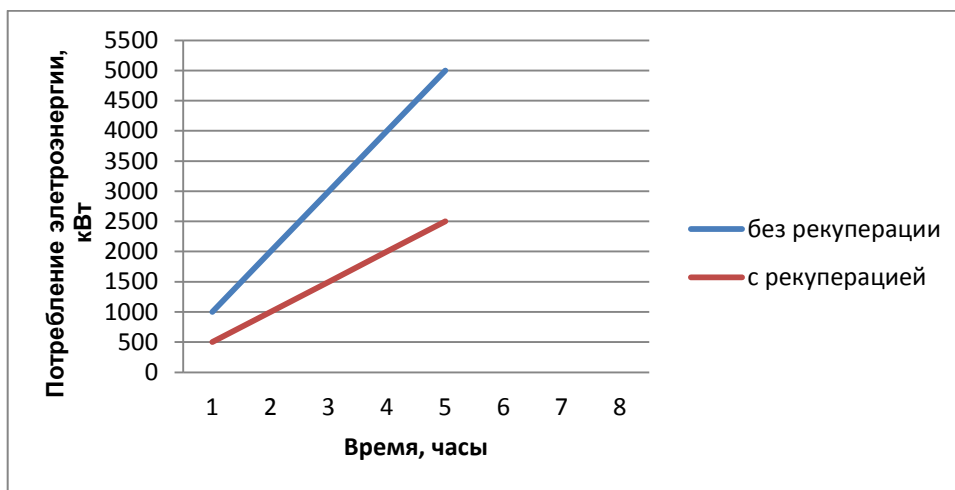


Рис. 5. Сравнение затрат электроэнергии при использовании в помещении птичника системы вентиляции с рекуперацией воздуха (прямая красного цвета) и без нее (прямая синего цвета)

Анализ графиков, представленных на рис. 5, позволяет сделать вывод, что использование системы вентиляции с рекуперацией значительно экономит потребление электроэнергии и способствует сокращению финансовых затрат.

Однако, применение рекомендуемой системы вентиляции с рекуперацией в климатических условиях Уральского региона приводит к тому, что воздух из атмосферы перед подачей в рекуператор в зимний период года необходимо дополнительно нагревать, иначе происходит обморожение рекуператора и сокращение ресурса его работы. Предварительный, пассивный прогрев воздуха мы предлагаем осуществить с помощью использования заглубленной в землю, герметичной, заполненной водой противопожарной емкости, где подаваемый воздух будет проходить по воздуховодам и прогреваться до оптимальной температуры 0–5°C (рис. 6).

### **Экономическое обоснование применения предлагаемых технических решений**

При расчетах рентабельности проекта освещения мы учитывали курс национальной валюты по состоянию на 01.03.2017 г.: 1 € = 61,20 руб. Были рассмотрены три варианта освещения корпуса птичника:

- с помощью люминесцентных ламп ЛД 80Вт G13, которые закуплены и работают в настоящее время;
- с помощью светодиодных светильников «domino led 80 d120 4000k» [7];

- с помощью светотехнических систем на основе полых трубчатых световодов (ПТС) «LEDSolarspot®» диаметром 375 мм.



Рис. 6. Схема вентиляции помещения птичника с системой рекуперации и использованием противопожарной емкости, позволяющая минимизировать потребление электроэнергии (на изготовление и монтаж противопожарной емкости требуются разовые затраты денежных средств, последующая эксплуатация исключает потребление электроэнергии)

В расчетах учтена первоначальная стоимость светодиодных светильников, ежегодный рост тарифов на электроэнергию, инфляционные процессы, затраты на замену и утилизацию отслуживших люминесцентных и светодиодных ламп (ПТС замены и утилизации не требуют). Низкие расходы на эксплуатацию светотехнических систем «LEDSolarspot®» и экономия электроэнергии на освещение птичника позволили бы окупить дополнительные затраты на их приобретение приблизительно через 2–3 года по сравнению с использованием люминесцентных ламп (рис. 7).

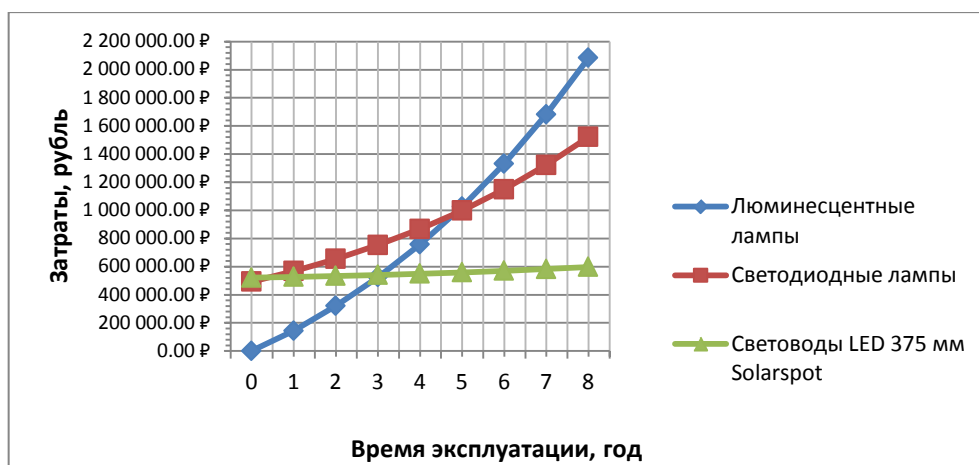


Рис. 7. Результаты расчетов окупаемости рассмотренных вариантов освещения при стоимости 1 € = 61, 20 руб. (по состоянию на 01.03.2017 г.)

Применение системы вентиляции с рекуперацией воздуха при аналогичной стоимости национальной валюты окупается примерно через 17-18 лет (рис. 8).

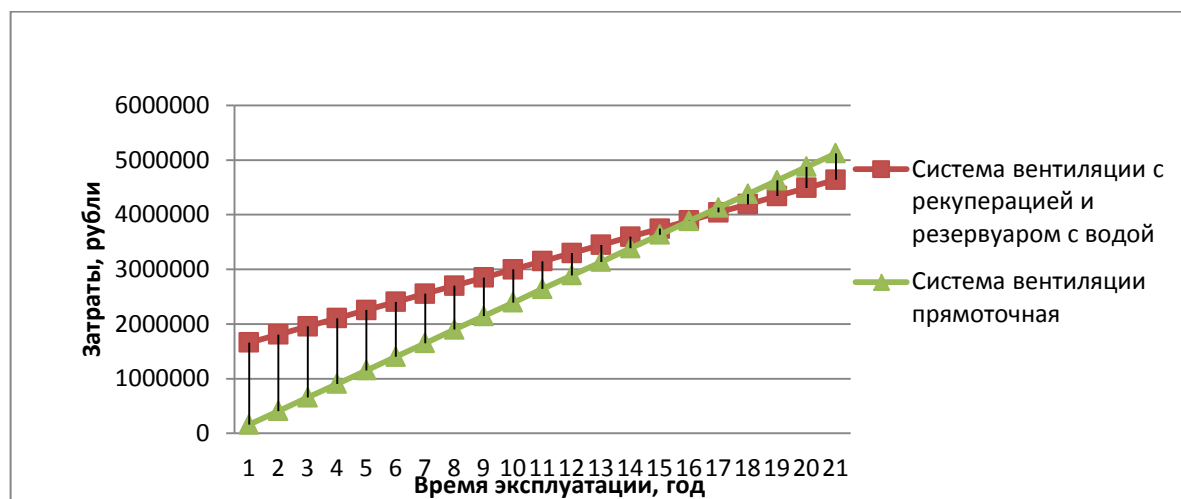


Рис. 8. Иллюстрация расчета рентабельности проекта вентиляции с рекуперацией

Приведенные расчеты необходимо дополнить утверждением, что в случае применения указанных технических решений животные будут развиваться в более комфортных условиях, что благотворно повлияет на их рост и яйценоскость. Увеличение продуктивности также позволит ускорить возврат и экономию денежных средств. Кроме того, повышение уровня энергоэффективности объектов строительства способствует сохранению окружающей нас природной среды.

### Заключение

Результаты исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Долгосрочные инвестиции в энергоэффективные светотехнические системы на основе полых трубчатых световодов в российское птицеводство рентабельны.
2. Применение рассмотренных светотехнических систем, а также системы вентиляции с рекуперацией воздуха существенно экономит расходование уменьшающихся энергоресурсов, защищает окружающую среду, что приобретает особую актуальность в «год экологии в России», а также создает предпосылки для увеличения производства мяса птицы и яиц, обеспечивая продовольственную безопасность страны.

### Библиографический список

1. Игорь Новицкий. Птицеводство в России: использование инноваций и особенности отрасли. URL: <https://сельхозпортал.рф/articles/ptitsevodstvo-v-rossii/> (дата обращения: 28.02.2017).
2. Центр по строительству и комплектации зданий. URL: <http://sendvichstroy.ru/ready/ptizha/> (дата обращения 18.04.2017 г.).
3. Секреты яйценоскости кур. URL: <http://prokyr.ru/razvedenie-i-soderzhanie/vse-ob-yajtsenoskosti-2650/> (дата обращения: 22.04.2017 г.).

4. Бракале Дженнаро. Естественное освещение помещений с помощью пассивной световодной системы «Solarspot®» // Светотехника. -2005. № 5. – С. 34-42.
5. Оселедец Е.Ю., Кузнецов А.Л. Транспортировка света. Современные системы естественного освещения. URL: <http://lightonline.ru/svet/articles/LightTransport.html> (дата обращения 24.04.2017 г.).
6. Satel-Light - The European Database of Daylight and Solar Radiation. URL: [www.satel-light.com](http://www.satel-light.com). (дата обращения 02.05.2017 г.).
7. Каталог компании «Световые технологии». URL: <http://www.ltcompany.com/ru/products/domino-led/domino-led-80-d120-4000k/> (дата обращения 14.04.2017 г.).



**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

**ПОВЫШЕНИЕ  
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ  
ВОЗДУХООБМЕНА В  
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ЗДАНИЯХ  
ПРИМЕНЕНИЕМ ВИХРЕВОЙ  
ВЕНТИЛЯЦИИ**

*Рахаткызы А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, arauka\_5893@mail.ru

*Колпаков А. С.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, a.s.kolpakov@at.urfu.ru

**Аннотация.** Проблемы энергосбережения в современных условиях приобретают все большую значимость. Мировое сообщество обеспокоено надвигающимся энергетическим кризисом и предпринимает огромные усилия по исследованию новых технологических и технических решений, сосредоточенных на сокращение потребления энергии. В статье рассматривается вопрос энергосбережения на промышленных предприятиях. Для повышения энергоэффективности инженерных систем производственных зданий промышленных предприятий предлагается применение вихревой системы вентиляции. Применение вихревой вентиляции позволяет сократить по сравнению с традиционными способами расходы подаваемого воздуха, а также тепло и электроэнергию предназначенные, на его подготовку и перемещение. Представлена схема организации вихревой вентиляции в строительном модуле четырьмя компактными струями. Полученные результаты моделирования в среде ANSYS, подтверждают возможность сокращения расхода воздуха на 20–50 %.

**Ключевые слова:** производственные здания, строительный модуль, вихревая вентиляция, энергоэффективность.

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **INCREASE OF ENERGY EFFICIENCY OF AIR EXCHANGE IN INDUSTRIAL BUILDINGS BY THE USE OF VORTEX VENTILATION**

*Rahatkyzy A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, arayka\_5893@mail.ru

*Kolpakov A. S.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, a.s.kolpakov@at.urfu.ru

**Abstract.** Problems of energy conservation in modern conditions are becoming increasingly important. The world community is concerned about the impending energy crisis and is making enormous efforts to explore new technological and technical solutions focused on reducing energy consumption. The article considers the issue of energy saving in industrial enterprises. To increase the energy efficiency of engineering systems for industrial enterprises, the use of a vortex ventilation system is proposed. The use of vortex ventilation allows you to reduce the cost of air, as well as heat and electricity, designed for its preparation and movement. A scheme for the organization of vortex ventilation in a building module with four compact jets is presented. The obtained simulation results in the ANSYS environment, confirm the possibility of reducing the air flow by 20–50 %.

**Key words:** industrial buildings, building module, vortex ventilation, energy efficiency.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

На сегодня одной из мировых тенденций в экономике является использование энергосберегающих технологий. Развитие отечественной промышленности, наряду с основной модернизацией технологических процессов и оборудования, неосуществимо без значительного снижения теплоэнергопотребления, с одновременным обеспечением удовлетворительных условий труда. В соответствии с действующими укрупненными сметными нормами на строительство 15–20 % капитальных и около 15 % эксплуатационных затрат приходились на долю систем вентиляции и кондиционирования воздуха. В ряде отраслей производства, как, например, в химической промышленности, эти цифры могли достигать 30 % и более. В целом, по России системами вентиляции и кондиционирования воздуха ежегодно потреблялось свыше 20 млрд. кВт·ч электроэнергии и более 40 млн т.у.т. (тонн условного топлива). Потребление энергии в общем случае существенным образом зависит от климатических особенностей районов расположения вентилируемых объектов. Годовое потребление энергии на единицу весового расхода приточного воздуха составляло в Европе от 45,6 (МДж·ч)/кг до 101,1 (МДж·ч)/кг. Отечественные справочные данные подобного рода отсутствуют. Однако следует предположить, что с учетом географического разнообразия территорий России удельные расходы энергии, связанные с работой систем вентиляции, составляют значения, соизмеримые с приведенными выше.

По такому немаловажному показателю как количество энергии, расходуемое на единицу выпускаемой продукции Россия, к сожалению, существенно отстает от ведущих промышленно-развитых стран. Вентиляционно-отопительные системы промышленных предприятий являются существенным, а иногда и основным потребителем тепловой и электрической энергии. Поэтому снижение энергопотребления системами отопления и вентиляции позволит уменьшить себестоимость выпускаемой продукции и, соответственно, повысить ее конкурентоспособность.

Производственные процессы могут сопутствоваться выделением вредных газов, паров, пыли или тепла, в результате чего воздух в помещениях претерпевает некоторые изменения [1]. Эти изменения в общем случае касаются состава и состояния воздуха и могут вредно сказываться на здоровье и самочувствии рабочих, организовывать тягостные условия для работы и неблагоприятно влиять на производительность труда.

Задача вентиляции состоит в том, чтобы поддерживать в помещении состав и состояние воздуха, удовлетворяющее гигиеническим требованиям [2]. Кроме гигиенических, могут предъявляться требования, вытекающие из особенностей технологии производства, из условий хранения и облагораживания продукта, а также сохранности оборудования и строительных конструкций. Гигиенические требования к вентиляции сводятся к поддержанию определенных метеорологических условий и чистоты воздуха.

Эта задача в конечном счете решается так: отработавший (загрязненный) воздух удаляют из помещения (вытяжная вентиляция), а взамен его вводят чистый, чаще всего специально отработанный воздух (приточная вентиляция).

Сущность здесь сводится к теплообмену и массообмену между приточным воздухом и воздухом помещения [1].

Вентиляция может быть общей и местной. Местная вытяжная вентиляция предназначена для улавливания у источника возникновения загрязненного воздуха, что предотвращает распространение вредностей по помещению, перемешивание и загрязнение больших объемов воздуха. Кроме местной вытяжной вентиляции, иногда устраивается местная приточная вентиляция в виде воздушных душей, воздушных оазисов [1].

В соответствии с известными рекомендациями [2] приточный воздух следует подавать из воздухораспределителей в рабочую зону производственных помещений горизонтальными струями, выпускаемыми в пределах или выше рабочей зоны, в том числе при вихревой вентиляции (воздухораздаче).

Строительство многопролетных зданий прямоугольной формы, большого объема, оснащенных современным оборудованием, требует создания новых способов организации воздухообмена, отвечающих требованиям эстетики и экономики. Вихревая вентиляция – способ организации воздухообмена в производственном помещении, заключающийся в создании вращательного движения воздуха при его тангенциальной подаче по контуру вентилируемого объема [3]. При этом вредные выделения рабочей зоны удаляются вертикальным восходящим закрученным потоком через воздуховытяжное устройство, расположенное на оси вихря в покрытии или ниже него.

Вихревая вентиляция относится к категории энергоэффективных технологических решений, поскольку позволяет сократить расход воздуха и, соответственно, энергозатраты на привод вентиляторов на 20–50 % по сравнению с общеобменной вентиляцией и местными отсосами [3].

Данный способ вентиляции адаптирован к многопролетным производственным зданиям прямоугольной формы, оснащенным оборудованием, работа которого сопровождается выделениями вредных веществ.

Подача воздуха горизонтальными плоскими или компактными струями (рис. 1) осуществляется с помощью воздухораспределительных устройств, установленных на колоннах или ограждающих конструкциях.

При вихревом течении воздуха в выделенном строительном модуле концентрации вредных веществ в нем распределяются с минимальным значением по периметру объема и с максимальным вблизи его вертикальной оси на поверхности ядра концентрированного вихря

[4]. Эта картина (рис. 2) наблюдается независимо от расстановки технологического оборудования и занимаемой им производственной площади [3].

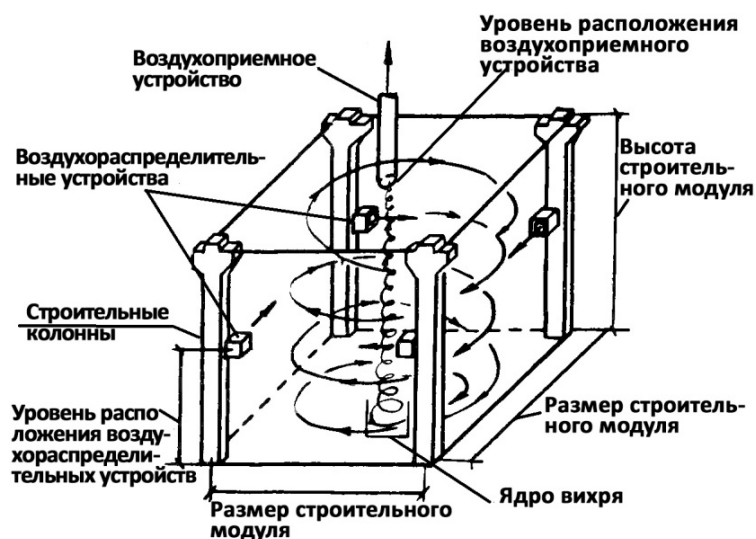


Рис. 1. Схема организации вихревой вентиляции в строительном модуле четырьмя компактными струями

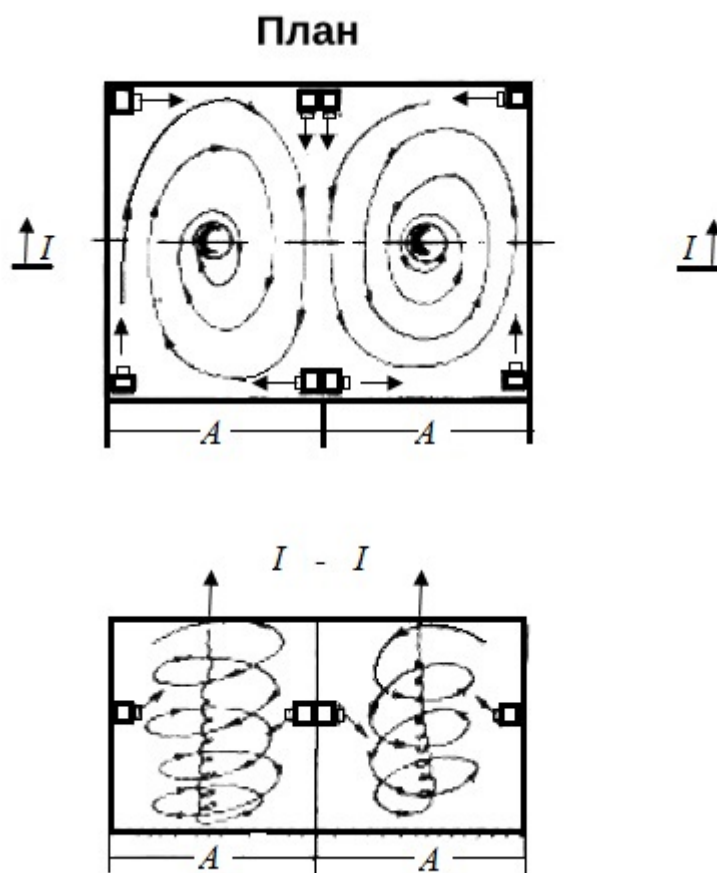


Рис. 2. Схема расположения вихрей в двухпролетном здании

Вблизи оси концентрированного вихря создается область пониженного давления, что способствует движению загрязненного воздуха от периферии к оси и выносу вредных выделений восходящим потоком к воздуховытяжному устройству.

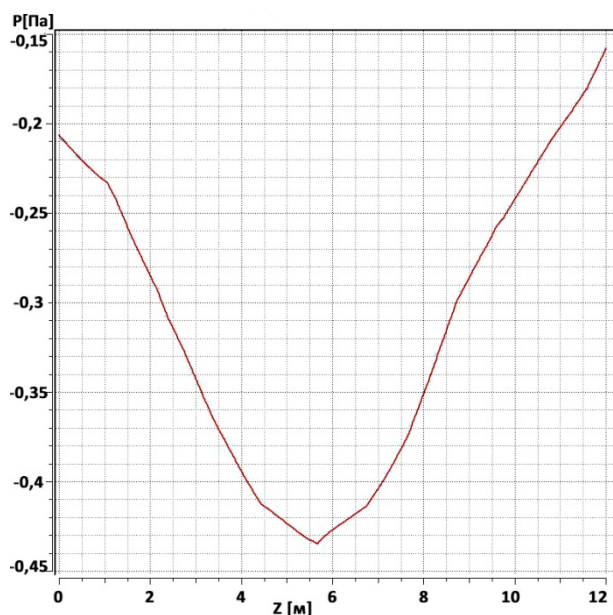


Рис. 3. Распределение давления в строительном модуле по оси на высоте 1,5 м

Средствами ANSYS получены распределения скоростей, давлений (рис. 3) и температур воздушного потока в строительном модуле, подтверждающие модельные представления методики расчета вихревой вентиляции [3]. Результаты моделирования в ANSYS соответствуют выводам [3] о возможности сокращения расхода воздуха на 20–50 % по сравнению с традиционными способами организации вентиляции.

### Библиографический список

1. Батурин В.В. Основы промышленной вентиляции. – М.: Профиздат, 1990. – 450 с.
2. СП 60.13330.2012. Свод правил. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. – М.: Минрегион России, 2012. – 87 с.
3. Методические указания по проектированию вихревой вентиляции /Л. В. Кузьмина и др. - М.: ВЦНИИОТ, 1984. – 52 с.
4. Алексеенко С.В., Куйбин П.А., Окулов В.Л. Введение в теорию концентрированных вихрей. – Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН, 2003. – 504 с.

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **СИСТЕМЫ СЕРТИФИКАЦИИ И ШКОЛЬНЫЕ ЗДАНИЯ**

*Рединкина А. И.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Сегодня в современном мире всё чаще поднимается вопрос о соответствии различных зданий и сооружений параметрам устойчивости, экономичности, безопасности и экологичности. Не остаются в стороне и постройки образовательных учреждений. В данной статье рассказывается о современных школьных зданиях, и системах их оценки по параметрам «зеленого» строительства и устойчивого развития. Рассмотрены две достаточно популярные в настоящее время системы сертификации – BREEAM и LEED. Для них обобщены и кратко описаны основные параметры оценки. В статье освещается большинство параметров современного «зеленого» школьного строительства. Также приведены несколько примеров зданий школ, сертифицированных по BREEAM и LEED, и сделан вывод, по каким пунктам оценки они чаще всего получают баллы.

**Ключевые слова:** энергоэффективность, системы сертификации, окружающая среда, возобновляемые источники энергии, «зеленые» стандарты, комфорт, устойчивое развитие, BREEAM, LEED.



**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **CERTIFICATION FOR SCHOOL BUILDINGS**

*Redinkina A. I.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Nowadays question of accordance of different buildings and constructions with parameters of stability, economical effectiveness, safety and sustainability is raised much frequently. Building of educational institutions do not remain uninvolved. In the article, it is told about modern school buildings, and estimation systems pointed on "green" parameters of sustainable development. Two now rather popular systems of certification are reviewed - BREEAM and LEED. Their main estimation parameters are summarized and briefly described. The article review most of the parameters of modern "green" school construction. There are also some examples of school buildings certificated by BREEAM and LEED, and a conclusion on the points that bring them scores most of the time is drawn.

**Key words:** Energy efficiency, system of certification, environment, sustainable development strategy, "Green" construction, renewable energy source, comfortable, BREEAM, LEED.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

## **Введение**

Школа – место, где дети зачастую проводят большую часть дня в период своего обучения. В стенах общеобразовательных учреждений ребенок учится основам наук, а также общению и жизни в социуме. За последние годы система образования претерпевает множество изменений, но всё ли дело в структуре учебной программы? Только ли качество образовательного процесса и техническое оснащение кабинетов влияет на формирование отношения к учебному процессу?

По мнению ряда исследователей именно архитектурно-планировочное решение школьных зданий влияет на желание человека посещать учебное. В морально устаревшем здании не возможен полностью эффективный процесс обучения. Давно известно влияние окружения, в том числе архитектурно-градостроительного решения, на психологическое состояние людей. Правильное объемно-планировочное решение, функциональный состав помещений и связи между ними могут и должны создавать ощущение комфорта и желание у учеников находится в стенах школы [1].

Набирающая популярность в последнее десятилетие стратегия устойчивого развития включает в себя все вышеперечисленные параметры. Помимо того, данный вектор развития учитывает проблемы энергоэффективности, ресурсосбережения и экологичности объектов. Ведь здания образовательных учреждений – от детских садов до высших учебных заведений – являются одними из основных потребителей энергетических ресурсов. Таким образом на сегодняшний день становится необходимо создавать соответствующие проектные и инженерно-технические решения для обеспечения комфорта и благополучия как человека, так и окружающей среды.

## **Системы сертификации**

Системы сертификации полностью учитывают «жизненный цикл» построек, от начала строительства до реконструкции и сноса уже устаревших объектов с учётом вопросов о зеленом и устойчивом развитии здания. Придерживаясь требований мировых стандартов к сертификации зданий можно создавать проекты, способные стать примером ресурсосбережения и эффективности, проектировать эстетически, практически и функционально корректные школы.

Поскольку на данный момент существует достаточно систем сертификации зданий по стандартам зеленого строительства, рассмотрим две самых востребованных системы – LEED и BREEAM. Стоит упомянуть, что в России есть и собственная система сертификации – GreenZoom.

### **Особенности сертификации школьных зданий по LEED**

Требования к образовательным объектам не должны быть теми же, что и к другим типам зданий, так как они учитывают количество и возрастные характеристики людей, находящихся в здании, а также цели функциональных процессов, происходящих внутри данного типологического объекта. Этим вопросом озаботились создатели LEED, создав отдельную систему оценки для школьных зданий (LEED for School). Стандарт состоит из шести разделов с определенным набором пунктов, за выполнение каждого из которых можно получить от одного до четырёх баллов. Исходя из количества баллов здание получает одну из четырёх оценок: «Сертифицирован» (29–36 баллов), «Серебро» (37–43 балла), «Золото» (44–57 баллов), «Платина» (58–79 баллов) [2].

### **Особенности сертификации школьных зданий по BREEAM**

Эксперты BREEAM не классифицируют здания по назначению, а рассматривают характеристики конкретного объекта с учётом категории строительства. Система включает в себя девять разделов и фокусируется на использовании возобновляемых источников энергии, утилизации различных видов отходов и местоположении объекта. Существует пять уровней рейтинга BREEAM: «Удовлетворительно», «Хорошо», «Очень хорошо», «Отлично», «Великолепно» [3].

### **Основные параметры сертификации школьных зданий**

Территория застройки и работы на строительной площадке.

Особое внимание уделяется сохранению почв и озеленения местности, защита почвы от эрозии и седиментации, а также восполнение биоразнообразия на участке застройки. Решаются вопросы о градостроительном аспекте и транспортной доступности объекта, в системе LEED отдельно выделены пункты об альтернативном и общественном транспорте – например, автобусы, велосипеды и электромобили.

Материалы и ресурсы.

Говоря о процессе возведения здания нельзя не упомянуть о строительных материалах и сопутствующем использовании ресурсов. Особое значение имеет: использование экологически чистых материалов местного производства и сертифицированной древесины; учёт количества потребляемой энергии и выбросов в атмосферу в процессе их изготовления, монтажа и утилизации; возможность вторичного использования, а так же влияние строительных и отделочных материалов в процессе эксплуатации как на качество внутренней, так и на окружающую среду.

Инженерно-техническое обеспечение объекта.

Важно разработать такое решение, которое позволит снизить энергозатраты здания и сделает эксплуатацию здания более экономичной. В расчет принимается оснащение здания современными возобновляемыми источниками энергии и автоматизированными системами управления. Отдельно рассматривается вопрос о сокращении потребления водных ресурсов из городских источников и предотвращение истощения водоносного горизонта путем повторного использования воды и сбора дождевой и талой воды для полива зеленых насаждений.

Характеристики внутренней среды объекта.

Обращая внимание на процесс строительства, материалы и инженерное обеспечение нельзя забывать о том, что все эти мероприятия направлены не только на защиту природной и градостроительной среды, но и на комфорт всех участников технологического процесса – учащихся, учителей и обслуживающего персонала. Системы сертификации учитывают не только влияние строительных и отделочных материалов на здоровье людей, рассматриваются также акустические характеристики классов, снижение уровня шума, обеспечение комфортной внутренней среды и уровня естественного освещения в помещениях и даже виды из окон. Приветствуется процесс интеграции школьного здания во внешнюю городскую среду, что предусматривает возможность проведения различных общегородских или международных мероприятий, сотрудничество с находящимися поблизости социальными и культурными объектами, использование блоков школьных помещений в неучебное время для жителей микрорайонов [2, 3].

В целом рейтинговые системы направлены на улучшение энергетических, экономических и экологических параметров здания, выходящих за рамки законодательных норм, с целью обеспечения комфорта и сохранения здоровья людей находящихся в здании и защиты окружающей среды.

### **Примеры сертифицированных зданий**

Одним из ярких примеров школьного здания, получившего в 2010 году оценку «Золото» по системе LEED является Butterfly Building – один из корпусов The Monarch School (рис. 1), школы для детей с неврологическими отклонениями. Ученики и посетители проходят в центральный холл и имеют возможность направиться в одну из двух частей здания, олицетворяющих распростертые крылья бабочки. Ученики младшего, среднего и старшего возраста могут свободно перемещаться между кабинетами, чтобы практиковать различные навыки и умения, необходимые для комфортной жизни в обществе и полноценной интеграции в социальную среду. На открытом воздухе расположены внутренние дворики, сады и баскетбольная площадка.



Рис. 1. The Monarch Center, Хьюстон, Техас [5]

При сертификации были учтены инженерные решения – экономное использование энергии, освещение, водоснабжение, использование экологически чистых материалов и дизайнерские решения, учитывающие потребности находящихся в здании людей (например, цветовая гамма во внутренней отделке помещений) [4].

The Willow School расположена в США, близ пересечения 206 шоссе и Поттерсвил роуд. (рис. 2). Образовательная программа школы нацелена на развитие у детей восприятия себя частью природы, что отражено в строительстве и полноценном функционировании «зеленого студенческого городка».



Рис. 2. The Willow School, Schoolhouse, Нью Джерси, США [7]

В 2003 году было построено первое здание – Schoolhouse, которое получило оценку «Золото» в рейтинговой системе LEED, а в 2007 году, второе здание школы, The Barn, заработало платиновый сертификат. Сертифицированные объекты имеют множество преимуществ: экономия энергии, использование возобновляемых источников энергии, сохранения водных ресурсов, улучшение качества воздуха в помещениях, экологически чистые материалы и ресурсы, а также сохранение природной среды на территории застройки. Было зафиксировано, что дети лучше учатся в здоровой окружающей среде, где достаточно



естественный дневного света и свежего воздуха. Школа использует процесс проектирования, строительства и эксплуатации среды университетского городка в качестве постоянного источника для развития «экологического мышления» у учащихся и преподавателей [6].

Другим удачным примером является UWC Dilijan College в Армении (рис. 3), школа стала первопроходцем для страны в области зеленого строительства и получила оценку «Хорошо» по системе BREEAM. Большинство проектных решений было разработано с учетом контекста окружающей природной среды, особое внимание уделили ориентации зданий комплекса. Школа обладает хорошей транспортной доступностью и уже на этапе проектирования внесла свой вклад в развитие инфраструктуры города.

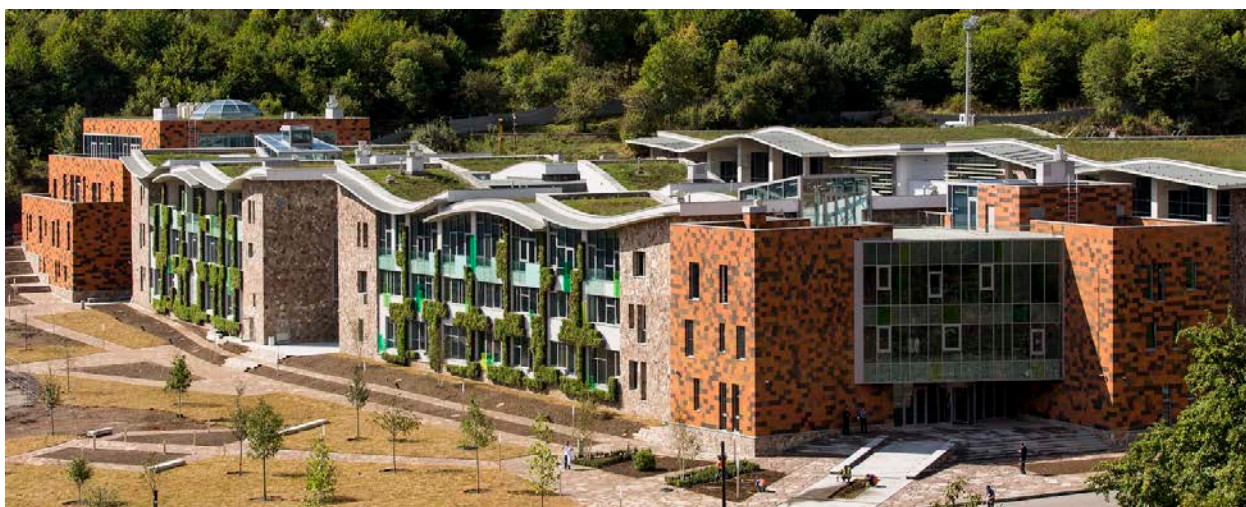


Рис. 3. UWC Dilijan College, Дилижан, Армения [9]

Корпуса имеют высоту не более трёх этажей, в облицовке фасадов использован армянский туф и местный природный камень, а форма и материал крыш позволяют им практически слиться с ландшафтом. Внутреннее пространство разработано наиболее функциональным и гибким, особое внимание уделено акустическим параметрам помещений. Благодаря большим панорамным окнам и атриуму внутри здания всегда достаточно дневного света. Энергоэффективность комплекса обусловлена применением светодиодных систем освещения, инновационной системой нагрева и охлаждения помещений [8].

Ещё одним примером сертифицированного по системе BREEAM образовательного учреждения является Brandon Primary School в Дареме, Великобритания (рис. 4). Специалисты BREEAM были задействованы уже на этапе проектирования, что позволило курировать весь процесс строительства и свести к минимуму воздействие на окружающую среду и потребление энергии при возведении здания. Стоит упомянуть, что помещения школы доступны для использования как в учебное, так и в неучебное время.



Рис. 4. Brandon Primary School, Дарем, Великобритания [11]

Конструкция крыши и площадь остекления сделали возможным использовать естественное дневное освещение и вентиляцию, которые обеспечивают высокий уровень комфорта внутренней среды. В здании присутствует система контроля внутренней температуры воздуха, основанная на использовании геотермальной энергии, а также котел для обогрева, который работает на отходах древесной промышленности. Интересны такие детали как навес для летучих мышей, живая изгородь и несколько небольших озёр на территории школы, которые служат для обеспечения биоразнообразия.

Руководство школы изначально стремилось создать устойчивую и комфортную среду для учащихся, сотрудников и местных жителей и при поддержке специалистов BREEAM у них это получилось [10].

### Вывод

В большинстве своём школьные здания строят из местных материалов и в согласии с окружающей средой, будь то городская застройка или природный ландшафт. Активно используются естественное освещение и вентиляция, а также возобновляемые источники энергии. Так как в школах обучаются дети, особое внимание уделяется экологичности материалов зданий, а также озеленению пришкольного участка. При строительстве учитывалась инфраструктура и возможности её развития, проводились природоохранные мероприятия на строительной площадке. В заключение можно сказать, что все рассмотренные примеры школьных построек удовлетворяют приведенным выше основным параметрам сертификации.

### Библиографический список

1. Найданова П. В. Архитектура современных школьных зданий. [Электронный ресурс] URL: [http://archvuz.ru/2012\\_22/26](http://archvuz.ru/2012_22/26) .
2. LEED for Schools Rating System 1st Edition, Updated November 2007 [Электронный ресурс] URL: <http://www.usgbc.org/Docs/Archive/General/Docs2593.pdf> .



3. Экологические стандарты в строительстве - BREEAM [Электронный ресурс]; URL: <http://www.icsgroup.ru/green/ecostandards/breeam.php> .
4. The Monarch School and Institute. School Profile and Campus [Электронный ресурс] URL: <http://www.monarchschool.org/about-us/school-profile-and-campus>.
5. The Monarch School. Houston, Texas. [Электронный ресурс] URL: <http://www.wylieassociates.com/project/the-monarch-school/>
6. The Willow School. Our Campus [Электронный ресурс] URL: <http://www.willowschool.org/about-willow/our-campus/>
7. Master Plan & Classrooms. Farewell Architects LLC. [Электронный ресурс] <http://www.farewell-architects.com/the-willow-school-1/>.
8. Международная школа UWC Dilijan College в Армении сертифицирована по стандартам зеленого строительства BREEAM [Электронный ресурс] URL: <http://www.rugbc.org/ru/news/mezhdunarodnaya-shkola-uw-dilijan-college-v-armenii-sertifitsirovana-po-standartam-zelenogo-stroitelstva-breeam>.
9. Newest UWC School Puts Dilijan On Map of Global Education. Armenia, International news. The Armenian Mirror-Spectator [Электронный ресурс] URL: <http://www.mirrorspectator.com/2016/04/14/newest-uw-school-puts-dilijan-on-map-of-global-education/>
10. Brandon Primary School, Durham, UK [Электронный ресурс] URL: <http://www.breeam.com/case-study-brandon-primary-school> .
11. Durham county schools the UK's most sustainable schools. Redboxdesign. [Электронный ресурс] URL: <http://www..com/portfolio/durham-county-schools> .

**III Международная конференция  
«Проблемы безопасности строительных критичных  
инфраструктур»**

## **СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ С ДВУХСТУПЕНЧАТЫМ ИСПАРИТЕЛЬНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ КАК ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

*Тешебаев А. В.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия, [domingess\\_leha@mail.ru](mailto:domingess_leha@mail.ru)

*Комаров Е. А.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России  
Б. Н. Ельцина, г. Екатеринбург, Россия

**Аннотация.** Энергоэффективность – эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов, то есть использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве, достижение экономически оправданной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды. Эта отрасль знаний находится на стыке инженерии, экономики, юриспруденции и социологии. Если рассматривать энергоэффективность в кондиционировании, то существует понятие «современного кондиционера». Современный кондиционер – это оборудование, которое затрачивая определенное количество электрической энергии, вырабатывает холод или тепло с различной производительностью. Одна из них система кондиционирования с двухступенчатым испарительным охлаждением. Построив процессы для определенных климатических условий и зданий, используя продолжительность стояния энтальпий, удалось вычислить количество часов, при которых будет осуществляться максимальная экономия энергии. На основании этого, можно оценить целесообразность использования данной СКВ для определенного климата и здания. Более того, изменив лишь параметры внутреннего воздуха и продолжительность стояния энтальпий можно оценить использование СКВ с двухступенчатым испарительным охлаждением. Этот подход позволяет произвести быструю оценку целесообразности

16-17 мая 2017 года,  
Екатеринбург, Россия

### **III Международная конференция «Проблемы безопасности строительных критичных инфраструктур»**

применения данной СКВ в определенных климатических условиях, только лишь сменив данные о регионе и объекте, что позволит экономить огромное количество энергии в уже существующих зданиях и сооружениях.

**Ключевые слова:** Энергоэффективность, энергия, экономия, кондиционирование, двухступенчатое испарительное охлаждение, современный кондиционер, теплопроизводительность, коэффициент обогрева, теплообменник, градирня, охлаждение воздуха, источник холода, оценка эффективности, параметры наружного и внутреннего воздуха, продолжительность стояния энтальпий.

**III International Conference  
«Safety Problems of Civil Engineering  
Critical Infrastructures»**

## **AIR CONDITIONING SYSTEM WITH TWO- STEPPED EVAPORATIVE COOLING AS ENERGY EFFICIENT TECHNOLOGIES**

*Teshebaev A. V.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia, [domingess\\_leha@mail.ru](mailto:domingess_leha@mail.ru)

*Komarov E. A.*

Ural Federal University named after the first President of Russia B. N. Yeltsin,  
Ekaterinburg, Russia

**Abstract.** Energy efficiency is the effective (rational) use of energy resources, in other words it is usage of less energy to ensure the same level of buildings or production processes energy supply, achieving economically justified efficiency of fuel and energy resources usage at the current level of technology development with assurance of environmental protection. This branch of knowledge is at the intersection of engineering, economics, jurisprudence and sociology. If we consider energy efficiency in air conditioning, then there is the concept of a "modern air conditioner". A modern air conditioner is an equipment that spends a certain amount of electrical energy while generating cold or heat with different capacities. One of them is a conditioning system with two-stage evaporative cooling. The calculation of the number of hours at which the maximum energy saving will be achieved was made having built the processes for certain climatic conditions and buildings, using the duration of the enthalpy standing. Based on this, it is possible to assess the feasibility of using this SLE for a certain climate and building. Moreover, it is possible to estimate the use of SCR with two-stage evaporative cooling by changing only the parameters of the internal air and the duration of the enthalpy standing. This approach allows us to make a quick assessment of the appropriateness of applying this SCR in certain climatic conditions, by changing only the data of the region and the facility, which will save a huge amount of energy in existing buildings and facilities.

**Key words:** Energy efficiency, energy, economy, air conditioning, two-stage evaporative cooling, modern air conditioning, heating capacity, heating factor, heat exchanger, cooling tower, air cooling, cold source, efficiency evaluation, parameters of external and internal air, duration of standing of enthalpies.

May 16-17, 2017,  
Ekaterinburg, Russia

Энергоэффективность – эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве. Достижение экономически оправданной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды. Эта отрасль знаний находится на стыке инженерии, экономики, юриспруденции и социологии.

В отличие от энергосбережения (сбережение, сохранение энергии), главным образом направленного на уменьшение энергопотребления, энергоэффективность (полезность энергопотребления) – полезное (эффективное) расходование энергии.

Для населения – это значительное сокращение коммунальных расходов, для страны – экономия ресурсов, повышение производительности промышленности и конкурентоспособности, для экологии – ограничение выброса парниковых газов в атмосферу, для энергетических компаний – снижение затрат на топливо и необоснованных трат на строительство.

Энергосберегающие и энергоэффективные устройства – это, в частности, системы подачи тепла, вентиляции, электроэнергии при нахождении человека в помещении и прекращающие данную подачу в его отсутствии. Беспроводные сенсорные сети (БСН) могут быть использованы для контроля за эффективным использованием энергии.

Энергоэффективные технологии могут применяться в освещении (напр. плазменные светильники на основе серы), в отоплении (инфракрасное отопление, теплоизоляционные материалы).

Россия занимает третье место в мире по совокупному объёму энергопотребления (после США и Китая) и её экономика отличается высоким уровнем энергоёмкости. Энергоэффективность и энергосбережение входят в 5 стратегических направлений приоритетного технологического развития [1].

Если рассматривать энергоэффективность в кондиционировании, то существует понятие «современного кондиционера». Современный кондиционер – это оборудование, которое затрачивая определенное количество электрической энергии, вырабатывает холод или тепло с различной производительностью. Именно разница между затраченной энергией и холодо- или теплопроизводительностью, при установленных условиях работы, и называется энергоэффективностью, или КПД. То есть чем меньше прибор затратил энергии при производстве большего количества холода или тепла при определенных условиях – тем он энергоэффективнее и выше его коэффициент полезного действия. Коэффициент энергетической эффективности, полученный при работе устройства в режиме охлаждения,

маркируется в E.E.R. (Energy Efficiency Ratio), а коэффициент в режиме обогрева – C.O.P. (Coefficient of Performance) [2].

Существует широкий ряд систем кондиционирования, которые повышают энергоэффективность. В некоторых случаях на объектах промышленного и общественного назначения эффективно и экономично осуществление двухступенчатого испарительного охлаждения воздуха, которое и будет рассмотрено подробно. Такая система включает градирню и поверхностный теплообменник, установленный перед испарительным воздухоохладителем. Если градирня достаточно хорошо сконструирована и поверхностный теплообменник имеет 6–8-рядное расположение трубчатых элементов, то, подавая через поверхностный теплообменник воздух, можно охладить его при сохранении постоянного влагосодержания до новой температуры прямого испарительного охлаждения, которая на 8 ниже температуры наружного воздуха по влажному термометру. Рабочий воздух, пройдя охлаждение в первой ступени, поступает во вторую ступень – испарительный воздухоохладитель прямого действия, где температура воздуха по сухому термометру будет снижаться по линии термодинамической температуры влажного термометра. Используя такую двухступенчатую обработку, в результате получим уменьшение требуемого количества рабочего воздуха и соответственное сокращение габаритных размеров и стоимости всех воздухопроводов.

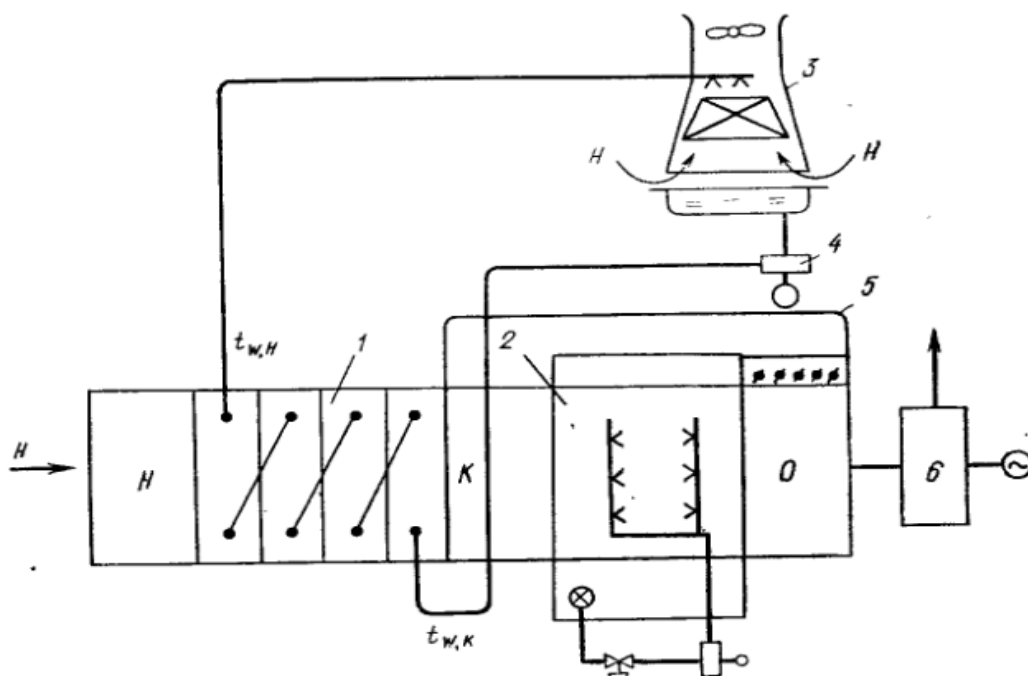


Рис. 1. Схема СКВ двухступенчатого испарительного охлаждения:

1 – поверхностный воздухоохладитель; 2 – оросительная камера; 3 – градирня; 4 – насос; 5 – байпас с воздушным клапаном; 6 – вентилятор

Устройство включает кондиционер и градирню. В кондиционере осуществляется косвенное и прямое изохлальное охлаждение воздуха обслуживаемых помещений. В градирне производится испарительное охлаждение воды, питающей поверхностный воздухоохладитель кондиционера. Наружный воздух поступает в кондиционер и охлаждается в поверхностном воздухоохладителе 1 при постоянном влагосодержании – первая ступень охлаждения. Оросительная камера 2 работает в режиме изохлального охлаждения и является второй ступенью охлаждения. Камера орошения оснащена байпасной линией с воздушным клапаном, что позволяет регулировать параметры воздуха, поступающего в обслуживаемое помещение. Охлаждение воды, питающей поверхностный воздухоохладитель, производится в градирне [3].

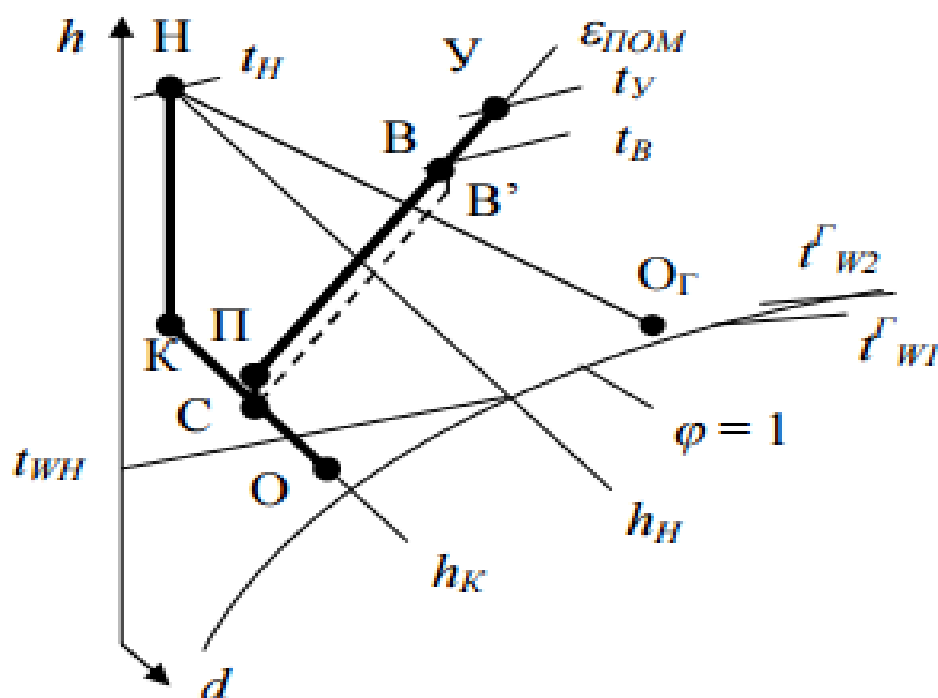


Рис. 2  $h-d$  диаграмма двухступенчатого испарительного охлаждения

Построение процесса двухступенчатого испарительного охлаждения на  $h-d$ -диаграмме начинают с нанесения точек  $H$  и  $B$  и находят температуру мокрого термометра для наружного воздуха  $t_{MH}$ . Конечная температура воды, охлажденной в градирне, определяется по зависимости:

$$t_{W1}^{\Gamma} = t_{MH} + (2-6) ^\circ\text{C}.$$

Температуру воздуха на выходе из поверхностного теплообменника находят по формуле:

$$t_K = t_{W1}^{\Gamma} + \Delta t_B,$$



где  $\Delta t_B$  – перепад температур, принимаемый равным  $\Delta t_B \geq 3^\circ\text{C}$ .

Состояние воздуха на выходе из поверхностного воздухонагревателя (точка К) определяют на пересечении линий  $dH = \text{const}$  и  $t_K = \text{const}$ . Далее проводят линию  $h_K = \text{const}$  и находят на ней положение точки О, характеризующей параметры воздуха после оросительной камеры. Вспомогательными построениями определяют положение точек В' и С. Последняя точка характеризует параметры смеси воздуха частью прошедшего через оросительную камеру и частью по байпасной линии [5].

Данная система относится к СКВ комбинированного типа, поэтому может быть использована совместно с различными типами систем. В условиях климата среднего Урала (в частности в тёплый период года), использование СКВ с двухступенчатым испарительным охлаждением позволяет экономить часть энергии за счет использования байпасного канала.

Для примера рассмотрим кинотеатр Космос в г. Екатеринбурге Свердловской области. Взяв различные параметры наружного воздуха, и построив процессы на диаграмме, были выявлены параметры, при которых использование данной системы позволяет осуществить максимальную экономию энергии. В остальных же необходим источник холода в той или иной величине. Параметры внутреннего воздуха были взяты из [6].

Таблица 1

Расчетные параметры воздуха для СКВ кинотеатра «Космос»

	Параметры воздуха				
	внутреннего			наружного	
Период года	температура $t_{wz},$ $^\circ\text{C}$	относительная влажность $\varphi_{wz},$ %	подвижность $V_{wz},$ м/с	температура $t_n,$ $^\circ\text{C}$	энтальпия $I_n,$ кДж/кг
Холодный	20–22	45–30	0,2	–35	–34,6
Переходные условия	20–22	45–30	0,2	8	22,3
Теплый	23–25	60–30	0,3	26,7	49,1

Используя продолжительность стояния энтальпий, взятых из [4], удалось вычислить количество часов, при которых будет осуществляться максимальная экономия энергии. На основании этого, можно оценить целесообразность использования данной СКВ для определенного климата и здания. Более того, изменив лишь параметры внутреннего воздуха и продолжительность стояния энтальпий можно оценить использование СКВ с двухступенчатым испарительным охлаждением, то есть данного способа обеспечения более высокой энергоэффективности во всех регионах.

Этот подход позволяет произвести быструю оценку целесообразности применения данной СКВ в определенных климатических условиях, только лишь сменив данные о регионе и объекте, что позволит экономить огромное количество энергии в уже существующих зданиях и сооружениях.

**Библиографический список**

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергоэффективность>
2. <http://ventilationpro.ru/konditsionirovanie/ehnergoehffektivnost-kondicionera-chem-vyshe-tem-luchshe-pochemu.html>
3. <http://www.ngpedia.ru/id236585p2.html>
4. Староверов И.Г. Внутренние санитарно-технические устройства. М.:Стройиздат,1975. 118 с.
5. Галдин В.Д. Центральные системы кондиционирования воздуха. СибАДИ. Учебное пособие. 2009. 12 с.
6. Шумилов Р.Н. Реконструкция системы кондиционирования воздуха зрительного зала киноконцертного театра «Космос». ПЗ. 1998. 9с.